

**Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**Katedra elektroenergetiky**

**Návrh nastavení ochran REF615 a RED615 na rozvodnách ŽST**

**Proposal and setting of protections REF615 and RED615 for railway  
substation**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroenergetiky

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jonáš Černý**  
Studijní program: N2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika  
Téma: **Návrh nastavení ochran REF615 a RED615 na rozvodnách ŽST**  
**Proposal and setting of protections REF615 and RED615**  
**for railway substation**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický rozbor ochran a jištění
2. Teoretický rozbor výpočtu zkratových proudů
3. Popis rozvodu ŽST
4. Popis ochran REF615 a RED615 navržených pro chránění rozvodu ŽST
5. Návrh nastavení ochran řady REF615 a RED615 na rozvodnách ŽST (ochrany vývodů a přívodů vn)
6. Zhodnocení návrhu elektrických ochran

Seznam doporučené odborné literatury:


1. Janíček, F., Chladný, V. a kol.: Digitální ochrany v elektrizační soustavě. STU Bratislava, 2004.
2. Hradílek, Z.: Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí. Montanex a.s., Ostrava, 2008.
3. Dohnálek, P.: Ochrany pro průmysl a energetiku. SNTL, Praha 1991.
4. Haluzík, E.: Ochrany a automatiky v elektrických sítích. Skriptum VUT Brno, 1985.
5. ČSN EN 60909-0. Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách. Květen 2002.
6. ČSN 33 3051. Ochrany elektrických strojů a rozvodných zařízení. Listopad 1992.
7. Firemní literatura a katalogy, technická dokumentace rozvodny ŽST.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. Zdeněk Medvec**

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017

  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry

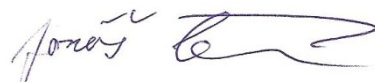


  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 28. dubna 2017



.....

podpis studenta

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval doc. Dr. Ing. Zdeňku Medvecovi a Ing. Marku Tinkovi, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této diplomové práce.

## **Abstrakt**

Cílem této diplomové práce je navržení a nastavení ochran REF 615 a RED 615 v chráněné soustavě. Hlavní část práce se zabývá selektivním nastavením ochran nadproudově proti přetížení, zkratu a zemnímu spojení. Důležité bylo seznámení s celou chráněnou soustavou řešenou, jak je navržena a jak jsou konstruována jednotlivá pole rozvaděče. Při řešení nastavení ochran jsem studoval senzory, které se používají v soustavě místo měřicích transformátorů. Úkolem návrhu je realné nastavení proudového a časového popudu u každé ochrany v chráněné soustavě. Při nastavení se musí vycházet z již nastavené ochrany v nadřazené soustavě od distributora elektrické energie.

## **Klíčová slova**

Proud, zkratový proud, přetížení, zkrat, zemní spojení, diferenciální, senzor, směrová ochrana, ochrana REF 615, ochrana RED 615, zatížení kabelu, minimální zkratový proud, kapacitní poruchový proud, čas působení, popud, selektivita.

## **Abstract**

The aim of this thesis is to make a proposal setting REF 615 and RED 615 in the protected system. The main part is selective overcurrent protection settings against overload, short circuits and ground connection. Next to familiarize with all the protected system as it is designed and how they are constructed field switchboard. Marginally familiar with sensors that are, used in the system instead of measuring transformers. The task of the proposal is to set the current real time and at every impulse protection in the protected system. When setting must be based on a set of protection already in the parent grid electricity distributor.

## **Keywords**

Current, short-circuit current, overload, short-circuit, ground fault, differential, sensor, directional protection, protectio REF 615, protection RED 615, load cable, minimum short circuit current, capacitive fault current, exposure time, impulse, selectivity

## Obsah

Seznam použitých symbolů.....	9
Seznam ilustrací .....	10
Seznam tabulek .....	11
1. Úvod.....	13
2. Charakteristika ochran.....	14
2.1 Požadavky na ochrany.....	14
2.1.1 Rychlost působení ochrany .....	15
2.1.2 Selektivita ochran.....	15
2.1.3 Citlivost ochran .....	16
2.1.4 Spolehlivost ochran .....	16
2.2 Druhy ochran.....	17
2.2.1 Nadproudové ochrany .....	18
2.2.2 Napěťové ochrany .....	20
2.2.3 Distanční ochrany.....	21
2.2.4 Srovnávací ochrana .....	21
2.2.5 Wattové a jalové ochrany .....	21
2.2.6 Frekvenční ochrany .....	22
2.2.7 Směrové.....	22
2.2.8 Zkratové .....	22
2.2.9 Při přetížení .....	22
2.2.10 Dělení podle konstrukce .....	23
2.3 Technické údaje ochran.....	24
2.3.1 Jmenovité hodnoty .....	24
2.3.2 Přetížitelnost.....	24
2.3.3 Spotřeba.....	25
2.3.4 Neřiditelnost.....	25
2.3.5 Přesnost .....	25
2.3.6 Pracovní podmínky .....	25
2.3.7 Spolehlivost.....	25

2.3.8 Napěťová odolnost .....	26
2.3.9 Výstupní kontakty .....	26
2.4 Přístrojové transformátory.....	27
2.4.1 Přístrojové transformátory napětí.....	27
2.4.2 Přístrojové transformátory proudu .....	27
3. Zkratý .....	28
3.1 Příčiny vzniku zkratu .....	28
3.1.1 Poruchy izolace .....	28
3.2 Rozdělení zkratu.....	28
3.2.1 Podle přechodového odporu.....	28
3.2.2 Podle počtu spojených fází.....	29
3.3 Druhy zkratových proudů.....	32
4. Metody výpočtu zkratového proudu .....	33
4.1 Metoda souměrných složek.....	33
4.2 Výpočet zkratových impedancí.....	35
4.2.1 Síťové napáječe .....	35
4.2.2 Dvouviňutový transformátor .....	35
4.2.3 Synchronní generátor .....	35
4.2.4 Asynchronní motory.....	36
4.2.5 Vedení a kabely .....	36
4.3 Zjednodušující předpoklady výpočtu .....	37
4.4 Maximální zkratové proudy .....	38
4.5 Minimální zkratové proudy.....	38
4.6 Postup výpočtu .....	38
5. Výpočtové vzorce zkratový proudů .....	39
5.1 Trojfázový zkrat.....	39
5.2 Dvoufázový zkrat .....	40
5.3 Jednofázový zkrat.....	41
5.4 Souměrný vypínací zkratový proud $I_b$ .....	42
5.5 Ustalený zkratový proud $I_{kmax}$ .....	43
5.6 Ekvivalentní oteplovací proud .....	43
6. Popis ochran REF615 , RED615 a senzorů.....	44
6.1 Ochrana REF 615.....	46
6.1.1 Části na čelním panelu ochrany.....	45

6.1.2 Volitelné funkce .....	45
6.1.3 Komunikační rozhraní WHMI pro REF615 .....	45
6.2 Ochrana RED 615 .....	46
6.2.1 Volitelné funkce .....	46
6.2.2 Komunikační rozhraní WHMI pro RED615 .....	46
6.3 Senzory .....	47
6.3.1 Proudové senzory .....	47
6.3.2 Napěťové senzory .....	48
7. Popis chráněné soustavy .....	49
8. Výpočty hodnot pro nastavení ochran .....	51
8.1 Vstupní parametry pro výpočet .....	51
8.2 Výpočet minimálních zkratových proudů .....	51
8.3 Výpočet kapacitních poruchových proudů kabelů .....	53
9. Nastavením Ochrán REF 615 A RED 615 .....	54
9.1 Ochrana REF615 AJS1.1 – pole č. 1; Vývod na AJS1.2 – pole č. 9 .....	57
9.2 Ochrana REF615 AJS1.1 – pole č. 2; Vývod na AJS1.2 – pole č. 1 .....	60
9.3 Ochrana REF615 AJS1.2 – pole č. 1; Přívod z AJS1.1 – pole č. 2 .....	63
9.4 Ochrana REF615 AJS1.2 – pole č. 9; Přívod z AJS1.1 – pole č. 1 .....	65
9.5 Ochrana RED615 AJS1.2 – pole č. 3; Vývod do AJS3.1 – pole č. 2 .....	67
9.6 Ochrana RED615 AJS1.2 – pole č. 7; Vývod na AJS2.1 – pole č. 3 .....	71
9.7 Ochrana RED615 AJS2.1 – pole č. 3; Přívod z AJS1.2 – pole č. 7 .....	75
9.8 Ochrana RED615 AJS2.1 – pole č. 4; Vývod z AJS3.1 – pole č. 1 .....	80
9.9 Ochrana RED615 AJS3.1 – pole č. 1; Vývod z AJS2.1 – pole č. 4 .....	84
9.10 Ochrana RED615 AJS3.1 – pole č. 2; Vývod z AJS1.2 – pole č. 3 .....	88
10. Závěr .....	93



## Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotka	Význam symbolu
$I_N$	A	Jmenovitý proud
$U_N$	V	Jmenovité napětí
$t$	s	Teoretický čas působení
$L_1$	A	První fáze soustavy
$L_2$	A	Druhá fáze soustavy
$L_3$	A	Třetí fáze soustavy
$I_k''$	A	Počáteční souměrný rázový zkratový proud
$I_k$	A	Ustalený zkratový proud
$I_b$	A	Souměrný vypínací zkratový proud
$t_k$	A	Vypínací čas při zkratu
$I_{k3}''$	A	Třífázový počáteční souměrný rázový zkratový proud
$I_{kmin}''$	A	Minimální zkratový proud
$L$	H	Indukčnost kabelu
$f$	Hz	Frekvence vedení
$C$	F	Kapacita kabelu
$l$	m	Délka vedení
$X$	$\Omega$	Reaktance vedení
$R$	$\Omega$	Rezistance vedení
$Z$	$\Omega$	Impedance vedení
$I >$	A	Proudový popud při přetížení
$t >$	s	Časový popud při přetížení
$I >>$	A	Proudový popud při přetížení
$t >>$	s	Časový popud při přetížení
$I_0 >>$	A	Proudový popud při přetížení
$t_0 >>$	s	Časový popud při přetížení
$U_f$	V	Fázové napětí

## Seznam ilustrací

Číslo ilustrace	Název ilustrace	Číslo stránky
1	Obr. 1 Charakteristika nezávislé časové ochrany	
2	Charakteristika závislé proudové ochrany	
3	Souměrný třífázový zkrat	
4	Třífázový zemní zkrat	
5	Dvoufázový zkrat	
6	Dvoufázový zemní zkrat	
7	Jednofázový zkrat	
8	Ochrana REF615	
9	Princip Rogowského cívky pro měření proudu senzorem	
10	Princip kapacitního (vlevo) a odporového děliče pro měření napětí senzorem	
11	Porovnání měřicího transformátoru proudu se senzorem proudu (vlevo) a měřicího transformátoru napětí se senzorem napětí	
12	Blokové schéma chráněné soustavy	
13	Selektivita nadproudových ochran	
14	Selektivita zemních ochran	

## Seznam tabulek

Číslo ilustrace	Název ilustrace	Číslo stránky
1	Rozdělení ochran vedení podle funkčního principu	
2	Rozdělení ochran vedení podle působení, konstrukce poruchy	
3	Hodnoty sítě dané distributorem elektrické energie	
4	Hodnoty délky a průřezů kabelu v každém úseku vedení	
5	Hodnoty daných veličin kabelu z katalogu	
6.1	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností	
6.2	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelností	
6.3	Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností	
7.1	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností	
7.2	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelností	
7.3	Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností	
8.1	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností	
8.2	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelností	
9.1	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností	
9.2	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelností	
11.1	Linková diferenciální ochrana	
11.2	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností	
11.3	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelností	
11.4	Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností	
12.1	Linková diferenciální ochrana	
12.2	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností	
12.3	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelností	
12.4	Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností	
13.1	Linková diferenciální ochrana	
13.2	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností	
13.3	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelností (1)	
13.4	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelností (2)	

---

<b>13.5</b>	Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností
<b>14.1</b>	Linková diferenciální ochrana
<b>14.2</b>	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností
<b>14.3</b>	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelností
<b>14.4</b>	Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností
<b>15.1</b>	Linková diferenciální ochrana
<b>15.2</b>	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností
<b>15.3</b>	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelností
<b>15.4</b>	Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností
<b>16.1</b>	Linková diferenciální ochrana
<b>16.2</b>	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností
<b>16.3</b>	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelností (1)
<b>16.4</b>	Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelností (2)
<b>16.5</b>	Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelností

---

## 1. Úvod

Tato diplomová práce se zabývá tématem, které zadala firma ABB s.r.o.

V každém silnoprúdém elektrickém vedení se mohou za určitých podmínek a situací vyskytnout stavy, které jistým způsobem narušují správnou a bezpečnou funkci. Na vedení může dojít k elektrickým, mechanickým nebo tepelným poškozením vodičů nebo poškození elektrických zařízení, v nejhorších případech může tento stav ohrozit člověka či zvířata. Takovéto nežádoucí stavy, kterým se snažíme vyhýbat, nazýváme poruchy. Jestliže dojde k samotné poruše, musí se poškozená oblast co nejrychleji odpojit od zdroje elektrické energie, aby poškození dané části bylo co nejmenší a nedošlo ke zranění. K zabránění poškození rozvodu nebo jiného elektrického zařízení již zmíněnou poruchou se v elektrickém obvodu a soustavách používají nejdůležitější bezpečnostní prvky elektrické ochrany. Ochrany jsou v práci nastavovány pro chránění kabelového vedení vysokého napětí. Tyto ochrany jsou instalovány na začátek a konec kabelového vedení. Jsou dimenzovány tak, aby chránily přívod a vývod vedení před poruchou. Kdyby na vedení nebyly instalovány, mohlo by dojít k jejímu poškození, ne-li k úplnému zničení. Především je důležité zmínit, že ne vždy dochází k odpojení.

Cílem této diplomové práce je nastavení a návrh ochran REF 615 a RED 615 v rozvodně pro železniční trakci, tzn. seznámení s tím, jak máme ochrany správně nastavit pro náš daný problém a dále vypočítat dané hodnoty zkratového proudu a kapacitního proudu, které budou důležité pro samotné nastavení nadproudové a zemní ochrany v rozvodně.

## 2. Charakteristika ochran

Ochranu můžeme definovat jako elektrický bezpečnostní prvek, který kontroluje určitou část energetického systému, čímž může být například část elektrického vedení. Dále srovnává skutečnou hodnotu, která je na chráněném úseku s hodnotou nastavenou na dané ochraně. Pokud je tato hodnota přesazena v rámci tolerance, je to signál pro ochranu, aby dala povel vypínači k vypnutí. Tyto signály jsou většinou zprostředkovávány pomocí čidel nebo elektronických převodníků. Získané hodnoty proudu a napětí jsou pak přivedeny pomocí různých elementů k ochraně. Ta zpracovává a vyhodnocuje, zda se jedná o normální neporuchový stav, či poruchu. Pokud ochrana zjistí, že se jedná o poruchu, okamžitě zareaguje a posílá signál vypínači, který poškozenou část vypne. Tím zamezí případné havárii daného zařízení. Pokud chceme, aby ochrana správně fungovala, musíme nejdříve přesně vypočítat parametry pro nastavení na daný úsek. Pro provoz energetické soustavy je zapotřebí, aby ochrany splňovaly dané požadavky. Podle toho je pak můžeme dělit a určovat jejich kvalitu a vhodnost použití pro dané zařízení nebo vedení.

### 2.1 Požadavky na ochrany

Nemůžeme specifikovat, který z požadavků na ochranu je nejdůležitější. Každý požadavek je u ochrany nepostradatelný, aby ochrana na vedení správně vyhodnotila daný poruchový stav na vedení. Při vyhodnocení požadavků necháme ochranu působit tak, aby při vzniku poruchy dala povel vypínači k odpojení poškozené části vedení.

1. Rychlost působení ochran
2. Selektivita ochran
3. Citlivost ochran
4. Spolehlivost působení

### 2.1.1 Rychlost působení ochrany

V energetických soustavách je velmi důležité, aby poškozené části obvodu při výskytu daného typu poruchy na síti zareagovaly co nejrychleji a odpojily poškozenou část od zdroje elektrické energie. Tímto krokem pak dojde k nejmenšímu rozsahu poškození, nejlépe vůbec žádnému. Dynamická stabilita a podmínky pro spolupráci s automatikou OZ se tímto zlepší. U některých typů ochrany požadujeme pomalejší zpožděnou dobu vypnutí. V tomto případě se jedná o záložní funkci ochrany pro krátkodobé přetížení a méně přetížitelné stavy v sítích. Nejlepší vypínací časy kvalitních ochran se pohybují mezi 0,02-0,04 s. Celkovou reakci vypnutí působením zkratového proudu dostaneme pomocí vzorce: [1]

$$T = T_0 + T_v(s; s, s) \quad (1)$$

T...celkový čas

T<sub>0</sub>...okamžité vypnutí

T<sub>v</sub>...vypínací doba výkonových vypínačů

### 2.1.2 Selektivita ochran

Za další významnou funkci můžeme považovat také selektivitu ochrany, jež má schopnost najít v síti poškozenou část vedení a vypnout ji nejbližšími vypínači ze sítě. Zároveň by měla zůstat v provozu co největší část obvodu. Selektivity lze dosáhnout časovým odstupňováním, nebo odstupňováním urovně nastavené veličiny. Současně je také důležité, aby zareagovala nejbližší ochrana. [1]

### 2.1.3 Citlivost ochran

Citlivost má schopnost reagovat na danou část při poruše, která se objevila na námi chráněném místě. Ochrana je nastavena podle toho, jak je dimenzováno určité místo. Hodnoty, při které ochrana působí, musí být nižší než velikost poruchové veličiny. Příkladem může být nadproudová ochrana, u níž hodnota vypíná při proudu  $I_0$ . K zjištění citlivosti je zapotřebí vypočítat koeficient citlivosti z počátečního a zkratového proudu, který se pohybuje v rozmezí 1,5-2. Pokud je tato hodnota menší, než je výše stanoveno, její použití se nedoporučuje nejen vzhledem k bezpečnosti, ale rovněž z důvodu kolísání sítě či rozběhů velkých motorů. [1]

$$K_C = \frac{I_{KS}}{I_0} (-; A, A) \quad (2)$$

$K_C$ ...koeficient citlivosti

$I_{KS}$ ...zkratový proud

$I_0$ ...počáteční proud

### 2.1.4 Spolehlivost ochran

Spolehlivost ochran řadíme k jednomu z nejdůležitějších vlastností tohoto ochranného zařízení. Elektrické ochrany mají za úkol zabránit zničení nejen velmi drahých zařízení a vedení, ale i stabilního chodu sítě. Z tohoto důvodu se předpokládá, že jejich spolehlivost bude vysoká. Protože ochrany nejsou zatěžovány jen v případě poruchového stavu, je zapotřebí důsledných kontrol a revizí k spolehlivému chodu ochrany, aby vypínala pouze poškozenou část od sítě v době poruchy. Pro větší spolehlivost se jednoduchými úpravami konstrukcí mechanické části za elektrickou zvětšuje jejich efektivita při vypínání. S tím úzce souvisí i životnost ochran - ochrana se v průběhu času opotřebovává a její spolehlivost tímto klesá. Tento jev můžeme nejčastěji pozorovat u elektromechanických ochran, kde se vyskytuje hodně pohyblivých částí, jež se časem opotřebovávají. Elektromechanické ochrany jsou již v dnešní době skoro minulostí. [1]



## 2.2 Druhy ochran

Určujeme několik druhů ochran, které dělíme na základě několika různých kategorií. Tímto odkazují na tabulku funkčního principu (viz Tab. 1) a rozdělení ochran podle působení (viz Tab. 2) Aby konstrukce ochran co nejlépe vyhovovala novým zařízením a vedení, která by měla co nejlépe ochránit, je zapotřebí neustálého jejího vývoje. Vysoké nároky na ochranu klade zkvalitnění parametru zařízení, jako příklad můžeme uvést zvyšování výkonu motoru. Na tato zařízení byly dostačující elektromechanické ochrany, kvůli větším výkonům by však nereagovaly, proto se využívají zařízení tranzistorová a číslicová. Rozšiřováním nových stavebních částí ochran a objevů nových principů dochází k zlepšování parametrů ochran. Tímto dochází k zlepšení chránění daných zařízení a vedení, z čehož vyplývá, že kvalita ochrany závisí na určitých technologiích aktuální doby.

Tab. 1. Rozdělení ochran vedení podle funkčního principu

Ochrana	Stavová veličina	Značení stavové veličiny
Proudová	Proud	$i$
Napětová	Napětí	$u$
Distanční	Impedance	$Z$
Rozdílová	Rozdíl proudů	$\Delta i = i_a - i_b$
Srovnávací	Rozdíl fáze proudů	$\Delta \varphi = \arg i_a - \arg i_b$
Wattová	Činný výkon	$p$
Jalová	Jalový výkon	$q$
Frekvenční	Frekvence	$f$
Při nesouměrnosti	Zpětný proud nebo napětí	$i_2(u_2)$

Tab. 2. Rozdělení ochran vedení podle působení, konstrukce poruchy

1. Podle typu chráněného objektu	2. Podle druhu poruchy	3. Podle doby působení	4. Podle konstrukce
Generátor Motor Transformátor Přípojnice Vedení Kabely Troleje Vypínače	Zkratová Při přetížení Podproudová Napětová Podfrekvenční Nadfrekvenční Zemním spojení Zpětný tok výkonu Při ztrátě buzení Při nesouměrnosti	Mžiková Časově závislá Časová	Elektromechanická Tranzistorová Číslicová

### 2.2.1 Nadproudové ochrany

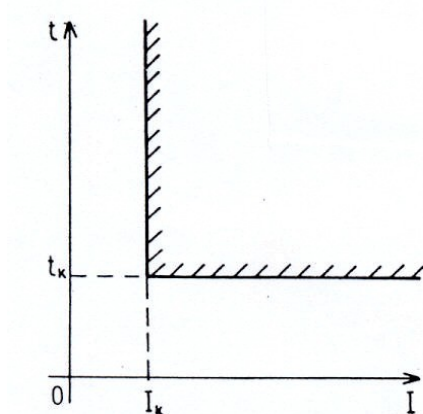
Tyto ochrany jsou používány pro svou jednoduchost a často se používají jako ochrany záložní. Princip ochrany spočívá v nárůstu proudu, který uniká při poškození izolace v důsledku přetížení či zkratu vedení. Nadproudové ochrany nejsou v porovnání s jinými ochranami dostatečně selektivní, z tohoto důvodu se používají u méně důležitých zařízení. Nejčastěji se využívají jako ochrany zkratové nebo jako ochrany proti přetížení. Z časového zpoždění vymezujeme nadproudové ochrany jako proudové závislé, proudové polozávislé, proudové nezávislé, proudové mžikové, závislé proudové s mžikovým zkratovým článkem a polozávislé s mžikovým zkratovým článkem. [3]

#### *Mžiková ochrana*

Působí okamžitě po překročení nastaveného proudu, jediné omezení je časové zjištění ochrany o výskytu poruchy. [3]

#### *Časově nezávislá ochrana*

Tato ochrana působí v nastaveném čase  $t_k$  při proudu  $I_k$ . Při dosažení proudu  $I > I_k$  již působení nezávisí na něm, tato hodnota je konstantní. Ochranu využíváme nejčastěji v radiálních sítích vysokého napětí, ve kterých je řada úseků spojena sériově. Tyto bezpečnostní prvky vedení dále využíváme na samotných koncích vedení, kde jsou zkratové proudy málo rozdílné. Ochrana ležící nejdále od zdroje vypíná v nejkratším čase. Čas však musí být natolik dlouhý, aby v další rozvodné síti mohly působit pojistky namísto ochrany. Nevýhoda nezávislých časových ochran spočívá v tom, že nejtěžší zkraty na vedení nejbliže ke zdroji jsou vypínány v nejdelších časech. Proto je u těchto ochran výhodné je patřičným nastavením vzájemně zálohovat. Nastavením ochran na nejmenší zkratový proud na konci vedení nabíhají pozvolna všechny od místa zkratu směrem ke zdroji. Je třeba také dohlédnout, aby při nastavování nenabíhaly při normálním proudovém přetížení.

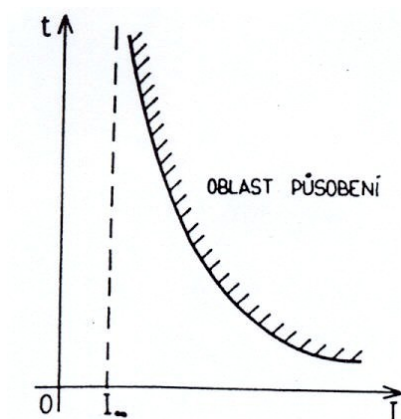


Obr. 1 Charakteristika nezávislé časové ochrany

Při použití nezávislé časové ochrany je důležité nejdříve nastavit stupeň selektivity pro časové odstupňování. Toho dosáhneme výpočtem rozdílu dvou sousedních úseků. Stupeň selektivity musí být nastaven dostatečně velký, aby porucha příchozího úseku byla vypnuta dříve než ochrana následujícího úseku. Zároveň však musí být co nejmenší, aby se snížila časová zpoždění systému nadproudových ochran.

### Časově závislá ochrana

Ochrana je závislá na funkci dané stavové veličiny, většinou se jedná o čas působení. Výhoda ochrany spočívá především ve zkrácené době vypnutí na začátku vedení, přičemž časové zpoždění na začátku a konci vedení chráněného úseku je konstantní. Pokud se rozhodneme selektivně chránit vedení složené z mnoha úseků, dostáváme dlouhé vypínací časy u zdrojů. Těžší zkraty, které jsou blíže ke zdroji, se vypínají v kratším čase, než čas  $t_k$ . Ochrany se nejvíce využívají v paprskovitých sítích vysokého napětí.



Obr. 2 Charakteristika závislé proudové ochrany

$$t = \frac{K}{(I - I_{\infty})^n} \quad \text{pro } I > I_{\infty} \quad (3)$$

$$t = \infty \quad \text{pro } I \leq I_{\infty} \quad (4)$$

Vypínací časy se určují podle vzorce daného normou IEC 255:

$$t = \frac{K}{\left(\frac{I}{I_{\infty}}\right)^{\alpha} - 1} T_p \quad (\text{s}) \quad (5)$$

$t$  ... teoretický čas působení

$K$  ... konstanta charakterizující relé (posun charakteristiky)

$T_p$  ... časový násobitel

$I$  ... poruchový proud

$I_{\infty}$  ... nastavený rozběhový proud

$\alpha$  ... index charakterizující algebraickou funkcí (strmost charakteristiky)

### ***Časově polozávislá ochrana***

Působí obdobně jako časově závislá ochrana, ale pouze do doby, než dosáhne proudu  $I_0$ . Pro větší proudy má dobu působení konstantní, tzn. působí jako nezávislá ochrana. [3]

### **2.2.2 Napěťové ochrany**

Ochrany působí při vzrůstu nebo poklesu napětí v síti a mají určitou podobnost s proudovými ochranami závislými, nezávislými a mžikovými. Charakteristiky napěťových ochran jsou rovněž totožné s proudovými. Podpěťové pracují pod charakteristikou, nadpěťové nad charakteristikou. [2]

Napěťové ochrany se používají:

- Nadpěťové – ochrana izolace
- Podpěťové – blokování proudových ochran, ochrana při přetížení podpětím

### 2.2.3 Distanční ochrany

Základním prvkem distanční ochrany je její měřicí člen, který měří napětí a proud, z nichž je následně vyhodnocována impedance zkratové smyčky. V případě poruchy ochrana vymezuje daný úsek na vedení, kde zjišťuje impedanční vzdálenost zkratu a měří směr jeho polohy. Její charakteristika dále dovoluje zálohovat sousední úseky. Distanční ochrana začne působit jen tehdy, pokud je naměřená impedance menší než nastavená, v základním úseku působí mžikově a v sousedních s časovým zpožděním. Na rozdíl od proudové ochrany, která chrání jen v jednom směru, je distanční ochrana mnohem selektivnější. [3]

### 2.2.4 Srovnávací ochrana

Tyto ochrany porovnávají vstupní a výstupní hodnoty veličin chráněné soustavy. Z rozdílu těchto dvou veličin se zjišťuje jestli se jedná o poruchu vně nebo uvnitř chráněného úseku. Srovnávací ochrany vymezujeme na ochrany s přímým a nepřímým srovnáním. Ochrany působí velmi rychle a vypínají oba konce soustavy. Spadají do skupiny rychlých ochran. Mezi srovnávací přímé ochrany řadíme rozdílovou ochranu. Tyto ochrany porovnávají rozdíl fázorů proudu na koncích chráněné soustavy. Těmto ochranám také říkáme ochrany diferenciální. Rozdílové ochrany se dělí na podélné a příčné ochrany. [3]

#### ***Příčná ochrana***

Tato ochrana srovnává proudy dvou shodných objektů, které pracují ve stejných podmínkách paralelně. Mohou to být dvě totožná vedení, transformátory v paralelním provozu nebo také vynutí synchronního generátoru.

#### ***Podélná ochrana***

Ochrana porovnává proudy na začátku a konci chráněného vedení. Daný úsek je chráněn a vyhrazen proudovým transformátorem, na který je připojen.

### 2.2.5 Wattové a jalové ochrany

Základním prvkem wattové ochrany je součinnový měřicí člen. Pokud se na vstupu a napětí vyskytuje měřicí člen, ochrany měří činný výkon, pokud ne, posuneme proud nebo napětí o  $\pi/2$ . S nejčastějším využitím těchto ochran se můžeme setkat u strojů. [2]

### 2.2.6 Frekvenční ochrany

Frekvenční ochrany sledují napětí a proud při určité frekvenci. Většinou se hlídá pouze jedna veličina, ať už proud, nebo napětí. [3]

Rozlišení:

- a) ***amplitudový komparátor*** – vstupní měřicí člen s filtrem snímá určité hodnoty, při kterých má ochrana působit
- b) ***součinným měřícím členem*** – na jeden vstup se přivádí veličina, která bude hlídána, a na druhou přivedeme napětí s frekvencí, na níž je ochrana selektivní

### 2.2.7 Směrové

Typ ochrany využívající směrového článku, jež je zvláštním členem distančního členu s přímkovou charakteristikou. Směrové ochrany se využívají v sítích, kde je napájení ze dvou stran. Při nepoužití v nadproudových ochránách směrového článku by došlo k neselektivnímu vypínání. Směrový článek působí, pokud se zkrat objeví před ochranou, a to pouze v jednom směru. Správné vypnutí dosáhneme vhodným časovým odstupňováním. [3]

### 2.2.8 Zkratové

Používají se v objektech s velkou vnitřní impedancí a stalým napájecím napětím. Jako zkratové se nejčastěji využívají ochrany nadproudové. [3]

### 2.2.9 Při přetížení

Tuto ochranu definujeme jako takovou, která při přetížení modeluje tepelnou akumulaci energie. Jedná se o typ závislé proudové ochrany, jejíž charakteristika je kvadratická. Ochrana začne působit s daným zpožděním při konstantní energii. [3]

## 2. 2.10 Dělení podle konstrukce

### ***Elektromechanická ochrana***

Tento typ ochrany patří mezi nejstarší, je označován také za ochranu klasickou.

Elektromechanické ochrany jsou sestaveny z relé a většinou hlídají jen jednu určitou stavovou veličinu, například napětí nebo proud. Pokud se veličina nenachází na dané křivce funkce, v toleranci ochrana vypne. Dnes se již skoro nepoužívají.

### ***Tranzistorová ochrana***

Ochrana je hodně podobná klasické, ale liší se v prvcích, které jsou v ní použity. Zatímco u klasických ochran je specifičnost použití elektrického relé, v tranzistorových ochranách jsou použity polovodičové součástky, např. diody či tranzistory. Tyto prvky zachycují a posléze vyhodnocují výskyt poruch a následně vypnou obvod. Veličina je zpracovávána ve spojitě funkci, používá se většinou k hlídání celého objektu ve více rozměrech.

### ***Číslicová ochrana***

Číslicová ochrana dává pozor na dané veličiny pomocí digitálního obvodu, které vyhodnocují hodnotu veličiny a při výskytu poruchy rozpojí obvod. Jednotlivé informace o hlídané veličině jsou v ochraně udávány pomocí logické nuly a logické jedničky. Všechny operace jsou zpracovávány pomocí nespojitých hodnot.

## 2.3 Technické údaje ochran

Údaje na danou ochranu dává přímo sám výrobce, kterému odpovídají [2]:

- Jmenovité hodnoty
- Přetížitelnost
- Spotřeba
- Neřiditelnost
- Přesnost
- Pracovní podmínky
- Spolehlivost
- Napěťová odolnost
- Výstupní kontakty

### 2.3.1 Jmenovité hodnoty

Za jmenovité hodnoty považujeme jmenovitý proud, jmenovité napětí, jmenovitou frekvenci a jmenovité napájecí napětí. Velikost jmenovitého proudu  $I_N$  ve vstupních obvodech je 1 nebo 5 ampérů, hodnoty jmenovitého napětí  $U_N$  se pohybují ve vstupních obvodech většinou kolem 100 V. Jmenovitá frekvence  $f_N$  je ve většině případů klasických 50 Hz nebo 60 Hz. Jako napájecí napětí se obvykle využívá stejnosměrné napětí v hodnotách 24 V, 48 V, 60 V, 110 V, 220 V. Pro lepší spolehlivost se využívá co nejvyšší napájecí napětí. [2]

### 2.3.2 Přetížitelnost

Přetížitelnost v obvodech se dělí mezi napěťovou a proudovou. Napěťové udává maximální přetížitelnost na vstupních obvodech ochrany, které se pohybuje v hodnotách  $1,2 U_N$ . Proudové namáhání uvádíme ve třech hodnotách, čímž je trvalá přetížitelnost v hodnotách  $2,1 I_N$  nebo  $2 I_N$ , dále pak tepelná přetížitelnost, kterou definujeme jako přetížení za jednu sekundu, jež udává hodnota  $50 I_N$  nebo  $100 I_N$ . Poslední veličinou je dynamická přetížitelnost, která vymezuje maximální amplitudu v jedné půlperiodě. Dalším faktorem mimo napěťové a proudové namáhání je také dovolené kolísání napájecího napětí. Tato hodnota se většinou pohybuje mezi 0,8 až  $1,2 U_N$ . [2]



### 2.3.3 Spotřeba

Spotřeba je důležitá veličina pro určení výkonu pro proudové a napět'ové transformátory. Tato hodnota je určena jako příkon při jmenovitých hodnotách ve vstupních obvodech. Z napájecího napětí se odvozuje daný výkon zdroje pro ochrany. [2]

### 2.3.4 Neřiditelnost

Neřiditelnost je aspekt měřicího článku, jenž určuje rozsah výstupní veličiny v důsledku působení ochrany. Podle zvolené ochrany se pak uvádí proudová a napět'ová neřiditelnost, neřiditelnost frekvence, fázového úhlu a frekvence. Působení pak určuje nařízení časového článku. [2]

### 2.3.5 Přesnost

Přesností vyjadřujeme relativní chybu za vztažných podmínek. V tomto ohledu zdůrazňujeme dva druhy chyb, a sice relativní a absolutní. K přesnosti ochran udáváme další aspekty, jako jsou přídržný poměr či doba působení mžikového článku. [2]

### 2.3.6 Pracovní podmínky

Normální teplotní prostředí se udává v rozsahu -10 až +40 stupňů. Určujeme však také teplotní rozsah pro skladování ochrany, dovolené otřesy, montážní polohu a klimatickou odolnost. [2]

### 2.3.7 Spolehlivost

Patří zde dvě důležité veličiny:

***Střední doba do poruchy*** – udává průměr doby mezi poruchami

***Životnost*** - nastavuje, kolikrát může ochrana sepnout [2]

### 2.3.8 Napěťová odolnost

**Zkušební napětí** - většinou se určuje 2 kV při frekvenci 50Hz za dobu jedné sekundy

**Rázová odolnost** – nejčastěji použitá hodnota je 5 kV s čelem 1,2 mikrosekund a týlem 5 mikrosekund [2]

### 2.3.9 Výstupní kontakty

**Zapínací schopnost** – hodnota stanovena maximálním daným proudem kontaktů ochrany

**Trvalý proud** – hodnota proudu, který ve stejné hodnotě pořád protéká

**Vypínací schopnost** – udává, jak velký může být proud, aby ochrana mohla vypnout při různém čase nebo zátěži [2]

## 2.4 Přístrojové transformátory

U přístrojových transformátorů jsou nároky na ochrany velmi vysoké, což platí také o měřených elektrických veličinách, které vyhodnocuje. Na vedeních a obvodech se nacházejí proudy v několika tisících ampérů a napětí v hodnotách stovek tisíc voltů. Z těchto důvodů se ochrana nezapojuje přímo na vedení, aby nedošlo ke zničení, musíme nejdříve zapojit přístrojový transformátor proudu nebo napětí. Tam dojde ke snížení daných parametrů a snadnějšímu vyhodnocení veličin na ochraně. Transformátory převádí jmenovité hodnoty proudu a napětí na hodnoty stejně velké, jaké jsou dané normou. Určující hodnoty normou je 100V, 5A nebo 1A, jež jsou tyto hodnoty přivedené na vstup ochrany. Přístrojové transformátory od sebe izolují ochranu a vedení vysokého a velmi vysokého napětí, což zaručuje bezpečnost ochrany. Výhodou je možnost odečítat hodnoty proudů a napětí s více izolovanými vedeními najednou, které pak ochrana může vyhodnotit. Dnes se přístrojové transformátory ve spojení s ochranou nahrazují senzory.

### 2.4.1 Přístrojové transformátory napětí

Přístrojové transformátory napětí se dělí na měřicí, jisticí a regulační. Hlavním znakem je, že jejich primární vinutí je zapojeno paralelně s obvodem, jeho napětí se transformuje do obvodu sekundárního. Jejich charakteristické vlastnosti jsou podobné jako u výkonových transformátorů. Transformátor napětí by se dal nazvat výkonovým transformátorem o malém výkonu a malém napětí nakrátko, tzn. malé průchozí impedanci. Poměr závitů na primární a sekundární straně je roven napětí na primární a sekundární straně transformátoru. [2]

### 2.4.2 Přístrojové transformátory proudu

Přístrojové transformátory proudu se dělí na měřicí, jisticí a regulační. Hlavní znakem je, že jejich primární vinutí je zapojeno do série s obvodem, jeho proud se transformuje do obvodu sekundárního. Jejich charakteristické vlastnosti jsou seriové na rozdíl od napěťových transformátorů, které mají vlastnosti paralelních transformátorů zapojených paralelně s primárním obvodem. Poměrem počtu závitů na primární a sekundární straně je určen poměr primárního a sekundárního proudu. [2]

## 3. Zkraty

V elektrizačních soustavách je zkrat nejčastěji se vyskytujícím přechodovým jevem. Zkrat je spojení nakrátko dvou nebo tří fází v soustavách s uzemněnou nulou nebo taky spojení jedné či dvou fází se zemí, které vedou ke vzniku velkých zkratových proudů.

### 3.1 Příčiny vzniku zkratu

Zde patří [4]:

- Poruchy izolace (stářím, přepětím)
- Poruchy na elektrickém zařízení
- Špatné dimenzování na tepelné a mechanické namáhání
- Poškození při montážních pracích na vedení

#### 3.1.1 Poruchy izolace

Tento zkrat vzniká nejčastěji, a to konkrétně při atmosférických přepětích. Dochází k přímému úderu blesku do vedení. K poruše izolace může také dojít stářím této izolace. [4]

## 3.2 Rozdělení zkratu

Zkraty můžeme dělit podle přechodového odporu nebo je lze rozdělit podle počtu spojených fází.

#### 3.2.1 Podle přechodového odporu

- **Dokonalý**

Vzniká dokonalým spojením fází (fáze a země), impedance v místě spojení je zanedbatelná. Zkrat bývá nejčastěji způsoben kovovým předmětem.

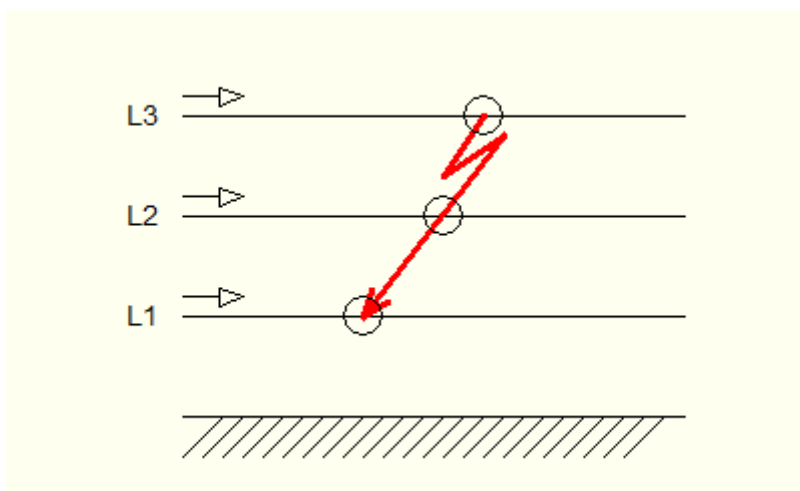
- **Nedokonalý**

Spojením částí s různými potenciály vzniká nedokonalý zkrat. Impedance zkratového spojení je značná a má vliv na velikost zkratového proudu. Tento druh způsobí např. větev stromu, která má určitý odpor.

### 3.2.2 Podle počtu spojených fází

- **Souměrný trojfázový zkrat**

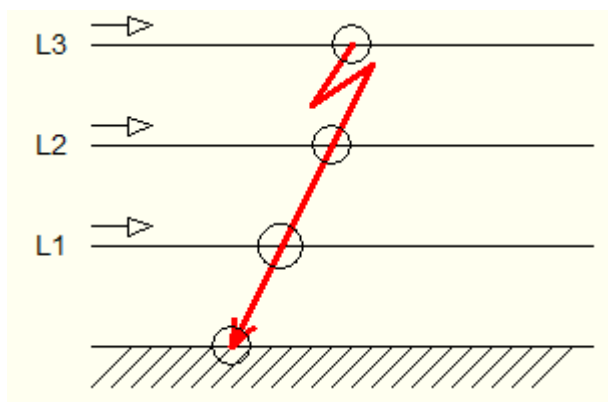
Nastane při spojení všech tří fází v jednom místě, při tomto zkratu jsou postiženy všechny tři fáze a protéká jimi stejný zkratový proud. Vyskytuje se v nejčastěji v kabelovém vedení, kde oblouk spálí izolaci všech fází. U venkovního vedení se třífázový zkrat nevyskytuje.



Obr. 3 Souměrný třífázový zkrat

- **Trojfázový zemní zkrat**

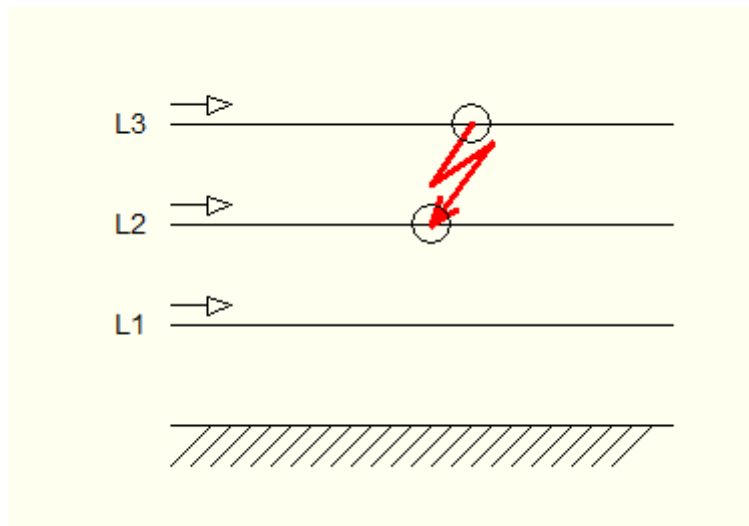
Jedná se o souměrný zkrat. Nastává při spojení všech tří fází navzájem a jejich současném spojení se zemí.



Obr. 4 Trojfázový zemní zkrat

- **Dvoufázový zkrat**

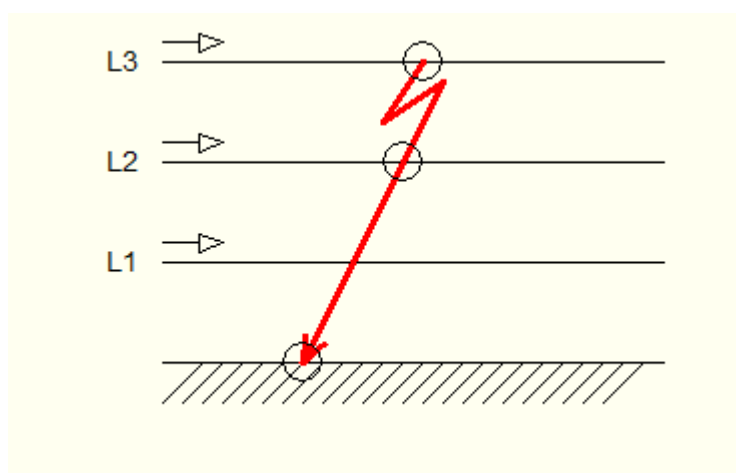
Jde o spojení dvou fází soustavy, tento zkrat je nesouměrný.



*Obr. 5 Dvoufázový zkrat*

- **Dvoufázový zemní zkrat**

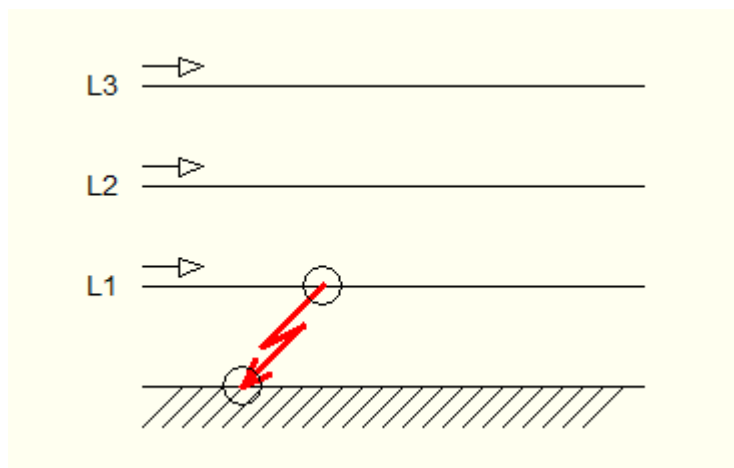
Vznikne, jsou-li dvě fáze současně spojeny se zemí.



*Obr. 6 Dvoufázový zemní zkrat*

- **Jednofázový zkrat**

Vzniká při spojení jedné fáze se zemí v soustavě s uzemněným uzlem. Jednofázový zkrat může být větší než souměrný třífázový, a to až o jeden a půl násobek třífázového. Ve venkovních sítích 110 kV a 220 kV se objevuje nejčastěji.



*Obr. 7 Jednofázový zkrat*

### 3.3 Druhy zkratových proudů

#### Předpokládaný zkratový proud

- Je to proud, který by tekł obvodem, kdyby byl zkrat napájený ideálním napětovým zdrojem se zanedbatelnou impedancí bez změny napájení. [4]

#### Počáteční souměrný rázový zkratový proud $I_k''$

- Efektivní hodnota střídavé souměrné složky předpokládaného zkratového proudu v okamžiku vzniku zkratu. Největší v době vzniku, poté se zmenší na ustálený zkratový proud. [4]

#### Nárazový zkratový proud $i_p$

- Je to maximální možná okamžitá hodnota předpokládaného zkratového proudu, jeho velikost závisí na okamžiku, ve kterém zkrat vzniká. Důležitá hodnota pro kontrolu dynamických účinků při zkratu. [4]

#### Ekvivalentní oteplovací zkratový proud $I_{th}$

- Efektivní hodnota proudu má stejné tepelné účinky a stejnou dobu trvání  $T_k$  jako skutečný zkratový proud a odpovídá proudu, kterým můžeme zařízení po dobu zkratu zatížit, aniž by došlo k poškození zařízení nadměrným zahříváním. Důležitá hodnota pro dimenzování proti tepelným účinkům. [4]

#### Ustálený zkratový proud $I_k$

- Efektivní hodnota zkratového proudu, kterým zůstává po odeznění přechodového jevu.

#### Souměrný vypínací zkratový proud $I_b$

- Velikost nesymetrického zkratového proudu v okamžiku vypínání zkratu v čase  $T_k$ . Tento údaj určuje maximální zkratový proud, který vypínací zařízení vypne. [4]



## 4. Metody výpočtu zkratového proudu

### 4.1 Metoda souměrných složek

Zdroje nám často dodávají nevyvážená elektromotorická napětí. Dochází k porušení souměrnosti, proudy v obvodech a napětí mezi fázemi se dostávají do nesouměrného stavu. Z tohoto důvodu byla zavedena metoda souměrných složek. Podstatou této metody je rozložení nesouměrného děje na několik jednodušších dějů, které podle principu superpozice posléze skládáme do celkového děje. Jedná se o Fortescuovu metodu souměrných složek, kde se rozloží na složku souslednou, zpětnou a netočivou. [6]

Fortescuova metoda [6]:

$$\bar{U}_0 = \frac{\bar{U}_A + \bar{U}_B + \bar{U}_C}{3} \quad (6)$$

$$\bar{U}_1 = \frac{\bar{U}_A + a\bar{U}_B + a^2\bar{U}_C}{3} \quad (7)$$

$$\bar{U}_2 = \frac{\bar{U}_A + a^2\bar{U}_B + a\bar{U}_C}{3} \quad (8)$$

pro obrácený přepočít:

$$\bar{U}_A = \bar{U}_0 + \bar{U}_1 + \bar{U}_2 \quad (9)$$

$$\bar{U}_B = \bar{U}_0 + a^2\bar{U}_1 + a\bar{U}_2 \quad (10)$$

$$\bar{U}_C = \bar{U}_0 + a\bar{U}_1 + a^2\bar{U}_2 \quad (11)$$

$a$  je točivý operátor:

$$a = 1 \angle \frac{2\pi}{3} = e^{j\frac{2\pi}{3}} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \quad (12)$$

$$a^2 = 1 \angle \frac{4\pi}{3} = e^{j\frac{4\pi}{3}} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \quad (13)$$

Kde:

$\bar{U}_A, \bar{U}_B, \bar{U}_C$  ...vektory trojfázové soustavy

$\bar{U}_0$ ...vektor netočivé složky napětí

$\bar{U}_1$ ...vektor sousledné složky napětí

$\bar{U}_2$ ...vektor zpětné složky napětí

matice nesouměrných napětí  $\bar{U}$  a matice souměrných složek  $\bar{U}_F$ , pro které platí:

$$\bar{U} = \begin{bmatrix} \bar{U}_A \\ \bar{U}_B \\ \bar{U}_C \end{bmatrix} \quad \bar{U}_F = \begin{bmatrix} \bar{U}_0 \\ \bar{U}_1 \\ \bar{U}_2 \end{bmatrix} \quad (14)$$

soustava rovnic v maticovém tvaru:

$$[\bar{U}] = [\bar{T}] \cdot [\bar{U}_F] \quad (15)$$

kde  $T$  je transformační matice:

$$[\bar{T}] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \quad (16)$$

matici  $\bar{U}$  vynásobením inverzní maticí  $T$  a dostaneme:

$$[\bar{U}_F] = [\bar{T}]^{-1} \cdot [\bar{U}] \quad (17)$$

inverzní transformační matice  $T^{-1}$ :

$$[\bar{T}]^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \quad (18)$$

Obdobným způsobem můžeme řešit proudy pomocí soustavy souměrných složek.

## 4.2 Výpočet zkratových impedancí

Vztahy použity z normy [5]:

### 4.2.1 Síťové napáječe

$$Z_Q = \frac{c \cdot U_{rQ}}{\sqrt{3} \cdot I''_{kQ}} (\Omega; -, V, A) \quad (19)$$

s přepočtem na stranu nižšího napětí transformátoru, přes který je síť ke zkratu připojena:

$$Z_Q = \frac{c \cdot U_{rQ}}{\sqrt{3} \cdot I''_{kQ}} \cdot \left(\frac{1}{t_r}\right)^2 \quad (20)$$

kde:  $U_{rQ}$ ...jmenovité napětí soustavy  
 $c$ ...napěťový součinitel  
 $I''_{kQ}$ ...počáteční souměrný zkratový proud  
 $t_r$ ...převod transformátoru (kV/kV)

Když neznáme poměr  $R_Q/X_Q$  a nejsou žádné přesné hodnoty pro určení  $R_Q$ , udává norma:

$$R_Q = 0,1 X_Q \text{ a } X_Q = 0,995 Z_Q \quad (21)$$

poté výsledná impedance:

$$\bar{Z}_Q = R_Q + jX_Q \quad (22)$$

### 4.2.2 Dvouviňutový transformátor

$$Z_T = \frac{u_{kr}}{100} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} (\Omega; \%, V, VA) \quad (23)$$

$$R_T = \frac{u_{Rr}}{100} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} (\Omega; \%, V, VA) \quad (24)$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} (\Omega; \Omega, \Omega) \quad (25)$$

kde:  $u_{kr}$ ...jmenovité napětí nakrátko  
 $u_{Rr}$ ...jmenovité napětí nakrátko  
 $U_{rT}$ ...jmenovité napětí transformátoru  
 $S_{rT}$ ...jmenovitý zdánlivý výkon transformátoru

### 4.2.3 Synchronní generátor

$$X_G = x_g'' \cdot \frac{U_{rG}^2}{S_{nG}} (\Omega; \%, V, VA) \quad (26)$$

kde:  $x_g''$ ...poměrná rázová reaktance generátoru

Norma říká, že pokud jmenovité napětí generátoru je větší než 1 kV a jmenovitý zdánlivý výkon je menší než 100 MVA, lze rezistenci generátoru vypočítat jako  $R_G = 0,07 X_G$ .

### 4.2.4 Asynchronní motory

Asynchronní motory vysokého a nízkého napětí přispívají k počátečnímu souměrnému rázovému proudu, k nárazovému zkratovému proudu, k souměrnému zkratovému vypínacímu proudu. [4]

$$Z_M = \frac{1}{\frac{I_{LR}}{I_{rM}}} \cdot \frac{U_{rM}^2}{S_{rM}} (\Omega; A, A, V, VA) \quad (27)$$

kde:  $U_{rM}$ ...jmenovité napětí motoru

$S_{rM}$ ...jmenovitý zdánlivý příkon motoru

$I_{rM}$ ...jmenovitý proud motoru

$I_{LR}/I_{rM}$ ...poměr záběrového proudu ke jmenovitému při zabrzděném motoru

### 4.2.5 Vedení a kabely

pro reaktanci vedení:

$$X_V = 2 \cdot l \cdot \pi \cdot f \cdot L_K (\Omega; m, Hz, H \cdot m^{-1}) \quad (28)$$

pro rezistenci:

$$R_V = l \cdot R_K (\Omega; m, \Omega \cdot m^{-1}) \quad (29)$$

celková impedance:

$$\bar{Z}_V = R_V + jX_V \quad (30)$$

kde:  $l$ ...délka vedení

$f$ ...frekvence

$L_K$ ...indukčnost na jednotku délky

$R_K$ ...rezistivita na jednotku délky

### 4.3 Zjednodušující předpoklady výpočtu

Zjednodušení [4]:

- Neměnný typ zkratu po celou dobu trvání
- Stejně zapojení obvodu po celou dobu zkratu
- Zanedbáváme příčné admitance
- Zkrat nastává pouze v jednom místě
- Předpokládáme dokonalý kovový zkrat
- Synchronní motory, kompenzátory a asynchronní motory bereme jako zdroje přispívající do místa zkratu
- Zanedbáváme rezistenci s výjimkou kabelových sítí
- Při vícefázovém zkratu vzniká zkrat ve všech fázích současně

Uvedený postup a zjednodušení jsou platné pro výpočet zkratů v síti NN, VN, VVN A ZVN do 550 kV při frekvenci 50 Hz.

### 4.4 Maximální zkratové proudy

Počítají se pro účely dimenzování zařízení. Do výpočtů se zahrnují motory a rezistance vedení při teplotě 20°C. Pro výpočet této hodnoty se počítají maximální příspěvky do elektráren a síťových napáječů.

Podmínky [5]:

- pro výpočet maximálních zkratových proudů se musí použít napěťový součinitel  $c_{\max}$ , pokud není příslušná národní norma
- vybrat konfiguraci soustavy a maximální příspěvky z elektráren a síťových napáječů tak, aby vedly k maximální hodnotě zkratového proudu v místě zkratu nebo pro přijaté dělení sítě pro omezení zkratového proudu
- pokud je použita ekvivalentní impedance  $\bar{Z}_Q$  reprezentující vnější síť, musí se použít minimální ekvivalentní zkratová impedance, která odpovídá maximálnímu příspěvku od síťových napáječů
- motory musí být zahrnuty podle potřeby
- uvažují se rezistence  $R_L$  vedení (venkovních i kabelových) při teplotě 20°C

## 4.5 Minimální zkratové proudy

Určujeme pro účely volby a nastavení ochran.

**Podmínky [5]:**

- použije se napěťový součinitel  $c_{\min}$
- konfigurace soustavy s minimálními příspěvky z elektráren a síťových napáječů tak, aby vedly k minimální hodnotě zkratového proudu v místě zkratu
- motory musí být zanedbány
- rezistence  $R_L$  vedení (venkovních i kabelových vodičů a středních vodičů) se musí uvažovat při nejvyšší teplotě

## 4.6 Postup výpočtu

1. Pro dané schéma uvedeme dané hodnoty obvodu a určíme místo zkratu.
2. Stanovíme zkratové impedance všech prvků v obvodu. Pokud se pohybujeme na více napěťových hladinách, musíme tyto impedance přepočítat na jednu napěťovou hladinu, kde je místo zkratu. Přepočet provedeme pomocí převodu transformátoru.
3. Vytvoříme náhradní schéma obvodu podle druhu zkratu, pokud se jedna o trojfázový zkrat stačí nakreslit souslednou složku. Zpětnou a netočivou složku řešíme pouze u nesouměrných zkratů, tzn. dvoufázový a jednofázový zkrat.
4. Zjednodušíme na výslednou hodnotu impedance do místa zkratu.
5. Spočítáme počáteční zkratový proud.

## 5. Výpočtové vzorce zkratových proudů

### 5.1 Trojfázový zkrat

Trojfázový zkrat bývá největší, proto se na tento zkrat dimenzují elektrická zařízení.

**Počáteční souměrný rázový zkratový proud  $I''_{k3}$**

$$I''_{k3} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |\bar{Z}_k|} (A; -, V, \Omega) \quad (31)$$

kde:  $c$ ...napěťový součinitel

$U_n$ ...ekvivalentní napěťový zdroj

$Z_k$ ...výsledná zkratová impedance

**Nárazový zkratový proud  $i_{p3}$**

$$i_{p3} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{k3} (A; -, A) \quad (32)$$

kde:  $\kappa$ ...je nárazový koeficient daný zjednodušeným vztahem

$$\kappa = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{R}{X}} (-; \Omega, \Omega) \quad (33)$$

Poměr  $R/X$  se určí z hodnot celkové impedance do místa zkratu. [5]

## 5.2 Dvoufázový zkrat

**Počáteční souměrný rázový zkratový proud  $I''_{k2}$**

$$I''_{k2} = \frac{c \cdot U_n}{|\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2|} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I''_{k3}(A; -, V, \Omega) \quad (34)$$

kde:  $c$ ...napěťový součinitel

$U_n$ ...ekvivalentní napěťový zdroj

$Z_1$ ...sousedná složka impedance

$Z_2$ ...zpětná složka impedance

Sousedná složka se od zpětné složky liší pouze v případě točivých strojů, u vzdálených zkratů se zhruba rovnají. Při výpočtech se používá  $\bar{Z}_1 = \bar{Z}_2$ . [5]

**Nárazový zkratový proud  $i_{p2}$**

$$i_{p2} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{k2}(A; -, A) \quad (35)$$

kde:  $\kappa$ ...je nárazový koeficient daný zjednodušeným vztahem

$$\kappa = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{R}{X}}(-; \Omega, \Omega) \quad (36)$$

Poměr  $R/X$  se určí z hodnot celkové impedance do místa zkratu. [5]



### 5.3 Jednofázový zkrat

**Počáteční souměrný rázový zkratový proud  $I''_{k1}$**

$$I''_{k1} = \frac{c \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}{|\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_0|} = \frac{c \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}{|2 \cdot \bar{Z}_1 + \bar{Z}_0|} (A; -, V, \Omega) \quad (37)$$

kde:  $c$ ...napěťový součinitel

$U_n$ ...ekvivalentní napěťový zdroj

$Z_1$ ...sousedná složka impedance

$Z_2$ ...zpětná složka impedance

$Z_0$ ...netočivá složka impedance

Pokud je netočivá složka impedance menší než sousledná (zpětná), bude počáteční souměrný rázový zkratový proud při jednofázovém zkratu větší než při trojfázovém. [5]

**Nárazový zkratový proud  $i_{p1}$**

$$i_{p1} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{k1} (A; -, A) \quad (38)$$

kde:  $\kappa$ ...je nárazový koeficient daný zjednodušeným vztahem

$$\kappa = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \cdot \frac{R}{X}} (-; \Omega, \Omega) \quad (39)$$

Poměr  $R/X$  se určí z hodnot celkové impedance do místa zkratu. [5]

## 5.4 Souměrný vypínací zkratový proud $I_b$

Při výpočtu se souměrný vypínací zkratový proud na vzdáleném zkratu rovná počátečnímu souměrnému rázovému zkratovému proudu:

$$I_b = I_k'' \quad (40)$$

$$I_{b1} = I_{k1}'' \quad (41)$$

$$I_{b2} = I_{k2}'' \quad (42)$$

V některých případech se počítá souměrný vypínací zkratový proud pomocí součinitele  $\mu$ :

$$I_b = \mu \cdot I_k'' (A; -, A) \quad (43)$$

$$I_{b1} = \mu \cdot I_{k1}'' \quad (44)$$

$$I_{b2} = \mu \cdot I_{k2}'' \quad (45)$$

kde:  $\mu$ ...součinitel útlumu

Součinitel útlumu závisí na minimální době vypnutí a poměru  $I_{kG}''/I_{rG}$ . Hodnoty se určí podle následujících rovnic[5]:

$$\mu = 0,84 + 0,26 \cdot e^{-0,26 \cdot \frac{I_k''}{I_{rG}}} \quad \text{pro } t = 0,02 \text{ s} \quad (46)$$

$$\mu = 0,71 + 0,51 \cdot e^{-0,30 \cdot \frac{I_k''}{I_{rG}}} \quad \text{pro } t = 0,05 \text{ s} \quad (47)$$

$$\mu = 0,62 + 0,72 \cdot e^{-0,32 \cdot \frac{I_k''}{I_{rG}}} \quad \text{pro } t = 0,1 \text{ s} \quad (48)$$

$$\mu = 0,56 + 0,94 \cdot e^{-0,38 \cdot \frac{I_k''}{I_{rG}}} \quad \text{pro } t \geq 0,05 \text{ s} \quad (49)$$

kde:  $I_k''$ ...počáteční rázový proud

$I_{rG}$ ...jmenovitý proud generátoru

Pokud není poměr  $I_{kG}''/I_{rG}$  větší než 2, tak je  $\mu=1$  pro všechny doby útlumu. [5]

## 5.5 Ustalený zkratový proud $I_{kmax}$

Synchronní stroje (generátory, motory, kompenzátory) se závislými statickými budiči nepřispívají k  $I_k$  v případě zkratu na svorkách stroje, ale přispívají, jestliže je určitá impedance mezi těmito svorkami a místem zkratu. Příspěvek elektrárenského bloku se počítá, pokud se zkrat vyskytne na straně vyššího napětí blokového transformátoru. [5]

Pro výpočet  $I_{kmax}$  (maximální hodnota ustáleného zkratového proudu) se počítá s maximálním buzením synchronního generátoru:

$$I_{kmax} = \lambda_{max} \cdot I_{rG}(A; -, A) \quad (50)$$

U nesouměrných zkratů se nebere v úvahu pokles magnetického toku generátorů [5]:

$$I_{k1} = I''_{k1} \quad (51)$$

$$I_{k2} = I''_{k2} \quad (52)$$

## 5.6 Ekvivalentní oteplovací proud

Tepelné namáhání zařízení závisí při zkratu na době trvání zkratu a průběhu zkratového proudu. Doba trvání zkratu se pohybuje od 0,05 s do 2 s a závisí na nastavení a typu ochran.

$$I_{th} = \sqrt{\frac{1}{t_k} \cdot \int_0^{t_k} i_k^2(t) dt} \quad (A; s, A) \quad (53)$$

Pro zjednodušení byl zaveden pro výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu vztah:

**Podle staré normy (ČSN 33 3020)**

$$I_{ke} = k_e \cdot I''_k (kA) \quad (54)$$

kde:  $k_e$ ...součinitel pro výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu

$I''_k$ ...počáteční rázový zkratový proud

**Podle nové normy (ČSN EN 60909)**

$$I_{th} = I''_k \cdot \sqrt{m + n} (kA) \quad (55)$$

kde:  $I''_k$ ...počáteční rázový zkratový proud

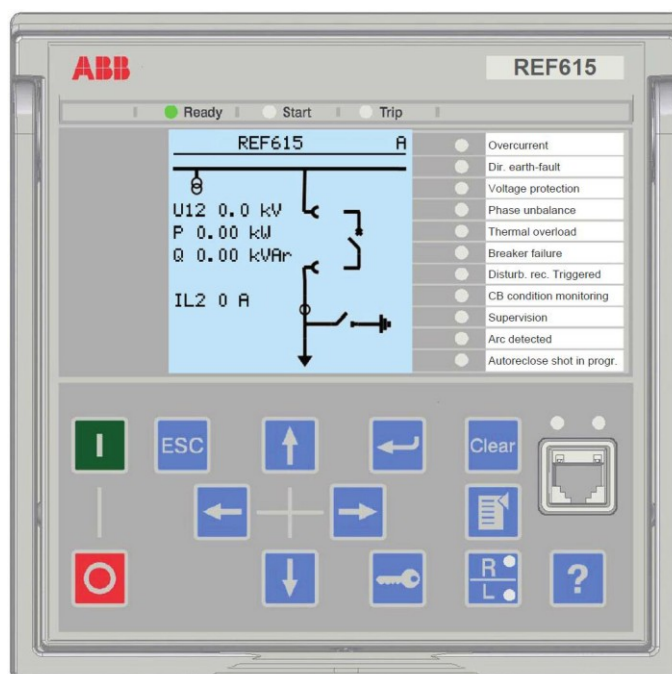
$m$ ...součinitel pro tepelné účinky stejnosměrné složky zkratového proudu

$n$ ... součinitel pro tepelné účinky střídavé složky zkratového proudu

## 6. Popis ochran REF615 , RED615 a senzorů

### 6.1 Ochrana REF615

Ochrana REF615 je inteligentní elektronické zařízení vyhrazené pro chránění, ovládání a měření vývodu v rozvodnách energetických průmyslových podniků včetně radiálních, okružních a zauzlených distribučních sítí s distribuovanou výrobou i bez výroby elektrické energie. Ochrana REF615 je především určena pro chránění a ovládání vývodu. Elektronické zařízení je určeno především pro chránění venkovních vedení a kabelových vývodů v distribučních sítích. REF 615 je také možné použít pro záložní chránění v aplikacích, kde je požadován nezávislý a redundantní systém ochran. Ochrana je k dispozici v osmi standardních alternativních konfiguracích. Standardní konfiguraci signálů je možné upravit prostřednictvím grafické signálové matice (Signal Matrix). Aplikační konfigurační funkce nástroje PCM600 kromě toho podporuje i tvorbu vícevrstevných logických funkcí, které využívají různé logické prvky včetně časových členů a klopných obvodů. Kombinací ochranných funkcí a funkčních logických bloků je možné konfiguraci IED přizpůsobit uživatelsky specifickým aplikačním požadavkům. Komunikační rozhraní, které se u IED REF 615 využívá ke komunikaci mezi uživatelem a ochranou, se nazývá WHMI. [7]



Obr. 8 Ochrana REF615

### 6.1.1 Části na čelním panelu ochrany

- Displej
- Tlačítka
- LED indikátory
- Komunikační port

### 6.1.2 Volitelné funkce

- Záblesková ochrana
- Funkce automatického opětného zapnutí
- Komunikace Modbus (TCP/IP nebo RTU/ASCII)
- Komunikace IEC 60870-5-103
- Komunikace DNP3 (sériová nebo TCP/IP)
- Zemní admitanční ochrana nebo zemní směrová ochrana (pouze u konfigurací A, B, E, F, G)

### 6.1.3 Komunikační rozhraní WHMI pro REF615

Rozhraní WHMI nabízí následující funkce:

- Indikace programovatelnými LED diodami a seznamy změnových stavů (událostí)
- Kontrola (monitoring) systému
- Nastavení parametrů
- Zobrazení měření
- Poruchové záznamy
- Fazorové diagramy
- Jednopolové schéma

## 6.2 Ochrana RED 615

RED 615 je fázové selektivní inteligentní elektronické zařízení určené pro diferenciální chránění a ovládání vedení s dvěma konci v energetických systémech průmyslových podniků včetně radiálních, okružních a zauzlených distribučních sítí s distribuovanou výrobou i bez výroby elektrické energie. RED 615 mezi rozvodnami komunikují prostřednictvím optické linky nebo galvanické spojovací cesty. Komunikační rozhraní se zde používá stejné jako u REF 615 WHMI. Ochrana disponuje typovou jednotkou s hlavní ochranou venkovního vedení a kabelových vývodů v distribučních sítích. Zařízení je vybaveno proudovými ochrannými funkcemi, které zajišťují jak vzdálenou zálohu ochrany instalovaných ve směru toku výkonu, tak i místní zálohu hlavní diferenciální ochrany vedení. Standardní konfigurace B a C navíc obsahují také zemní ochranu. RED 615 chrání venkovní vedení a kabelové vývody v sítích s izolovaným nulovým bodem, v odporových uzemněných sítích, v kompenzovaných sítích a v účinně uzemněných sítích. RED 615 je k dispozici ve třech standardních konfiguracích. Standardní konfiguraci signálů je možné upravit prostřednictvím grafické signálové matice (Signal Matrix). Kombinací ochranných funkcí a funkčních logických bloků je možné konfiguraci přizpůsobit uživatelsky specifickým aplikačním požadavkům. [8]

### 6.2.1 Volitelné funkce

- Komunikace Modbus (TCP/IP nebo RTU/ASCII)
- Komunikace IEC 60870-5-103
- Komunikace DNP3 (sériová nebo TCP/IP)
- Zemní admitanční ochrana nebo zemní směrová ochrana (pouze u konfigurace B)

### 6.2.2 Komunikační rozhraní WHMI pro RED615

Rozhraní WHMI nabízí následující funkce:

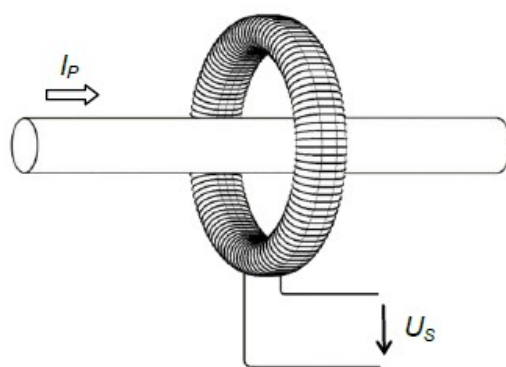
- Indikace programovatelnými LED diodami a seznamy změnových stavů (událostí)
- Kontrola (monitoring) systému
- Nastavení parametrů
- Zobrazení měření
- Poruchové záznamy
- Fázorové diagramy
- Jednopolové schéma

## 6.3 Senzory

Proudové a napěťové senzory nabízejí alternativní způsob k získání proudu a napětí měřením potřebné pro vyhodnocení ochrany daného stavu na vedení. Senzory byly zavedeny jako následníci konvenčních přístrojových transformátorů s cílem výrazně snížit velikost, zvýšit bezpečnost a spolehlivost a poskytovat větší standard vyhodnocení a širší rozsah funkcí. Chování senzoru není ovlivněno nelinearitou a šířkou hysterezní křivky, což má za následek velmi přesné a lineární reakce v širokém dynamickém rozsahu měřené veličiny. Lineární a vysoce přesný snímač charakteristiky v celém pracovním rozsahu umožňuje kombinace měření a ochrany tříd v jednom vinutí. Kromě toho, jeden standardní senzor může být použit pro široký rozsah jmenovitých proudů a je také schopen přesně převádět signály obsahující kmitočty. Tento princip může být využíván jen v kombinaci s univerzálním elektronickým relé. [9]

### 6.3.1 Proudové senzory

Měření proudu v senzoru je založeno na principu cívky Rogowského. Tato cívka je toroidní cívka, bez železného jádra, která kolem primárního vodiče je navinuta stejným způsobem jako sekundární vinutí v proudovém transformátoru. Výstupní signál z Rogowského cívky není proud, ale napětí. Ve všech případech je signál, který představuje skutečný primární proud, průběh, jenž snadno jde získat integrací vysílaného výstupního signálu. Snímač je imunní vůči jakémukoli riziku nasycení, protože nemá feromagnetická jádra. Tyto senzory jsou využívány pro měření veličin, které vyhodnotí posléze ochrana. [10]

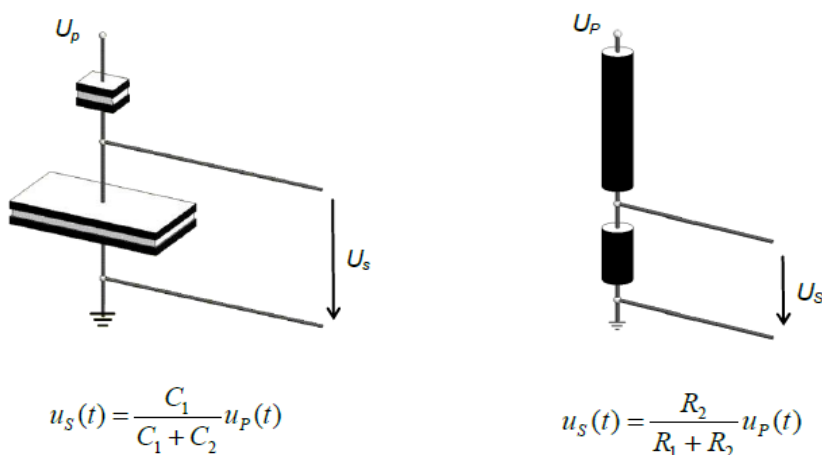


$$u_s(t) = M \frac{di_p(t)}{dt}$$

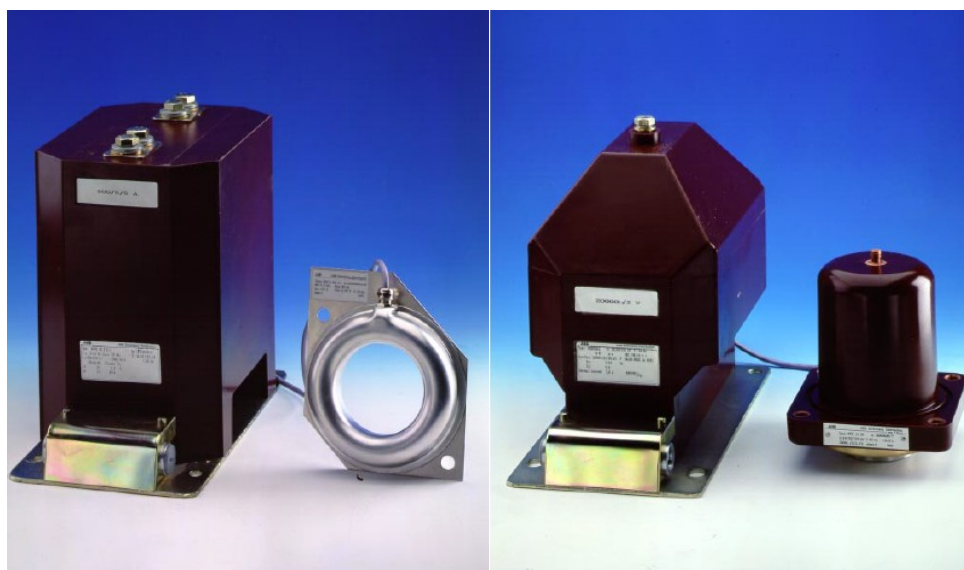
Obr. 9. Princip Rogowského cívky pro měření proudu senzorem

### 6.3.2 Napěťové senzory

Měření napětí senzorem je založeno na dvou pracovních principech - odporovém a kapacitním děliči. Výstupní napětí je přímo úměrné vstupnímu napětí. Ve všech případech se přenáší výstupní signál, reprodukuje skutečný průběh signálu primárního napětí. Také tento senzor je lineární v celém rozsahu měření. Výstupní signál je napětí, které je přímo úměrné na primární napětí. Tvar pouzdra senzoru je speciálně navržen tak, aby se minimalizovaly parazitní vlivy (kapacita a indukčnost). Tyto senzory jsou využívány pro měření veličin, které následně vyhodnotí ochrana. Spojovací kondenzátor je součástí snímače napětí. [10]



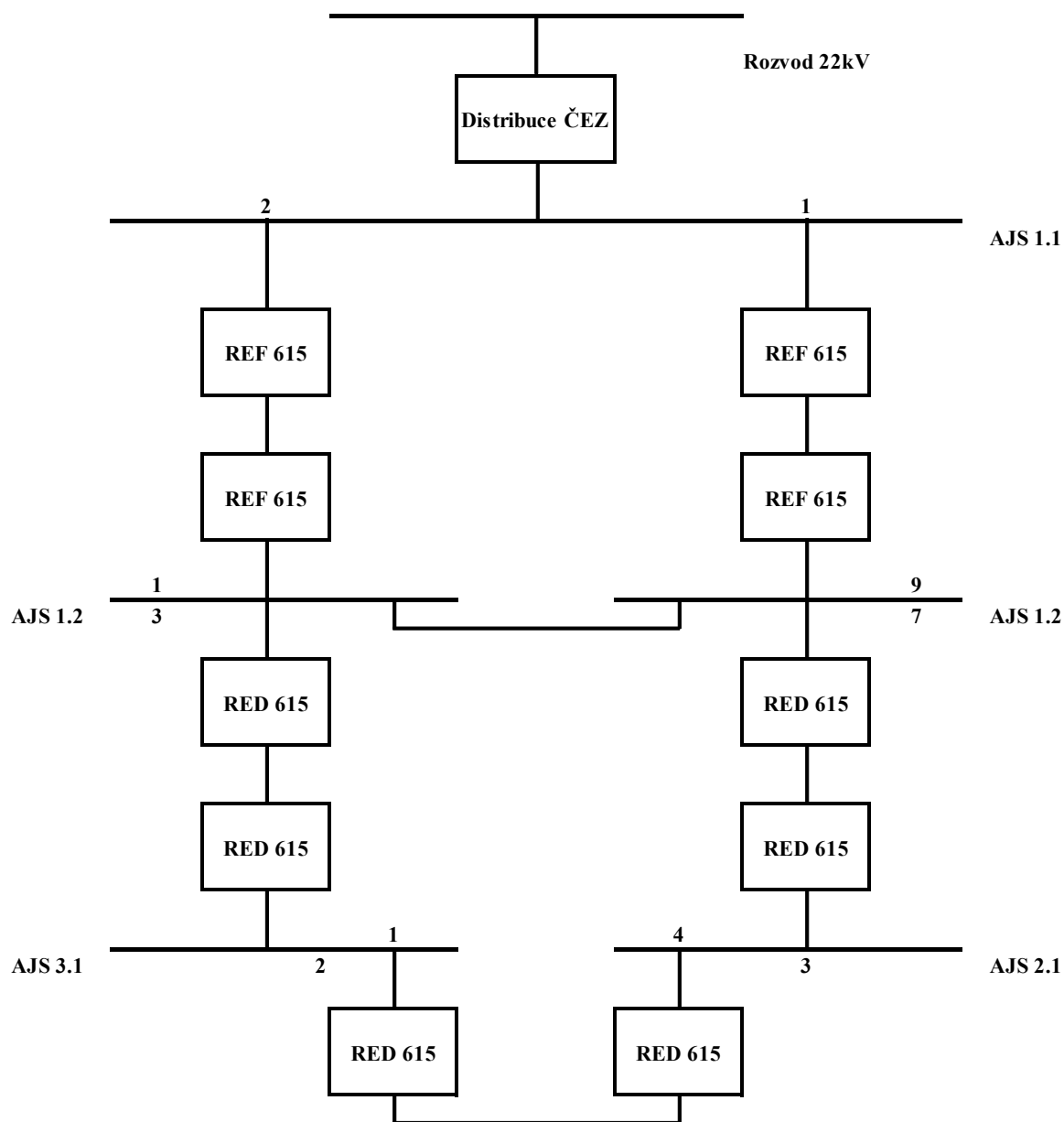
Obr. 10. Princip kapacitního (vlevo) a odporového děliče pro měření napětí senzorem



Obr. 11. Porovnání měřicího transformátoru proudu se senzorem proudu (vlevo) a měřicího transformátoru napětí se senzorem napětí



## 7. Popis chráněné soustavy



Obr. 12. Blokové schéma chráněné soustavy

Chráněná soustava je napájena z linky vysokého napětí 22 kV z distribuční sítě ČEZ Distribuce. Skládá se ze čtyř rozvaděčů, jedná se o síť zapojenou do kruhu. Rozvaděče AJS 1.1 a AJS 1.2 jsou spojeny dvěma kabelovými vedeními. Jedno slouží jako napájecí ostatních rozvaděčů, druhé slouží jako rezerva při poruše prvního vedení. Jeden rozvaděč je hlavní a další tři jsou podružné. Rozvaděč AJS 1.2 je rozdělený na dvě části spojené spojkou. Každý s rozvaděčů má svou příslušnou výzbroj. Každý rozvaděč je chráněn jak na přívodu, tak na vývodu ochranami REF 615 nebo RED615. Každá z těchto ochrany má u sebe senzor, který předává informace ochraně o stavu daných veličin, které pak ochrana vyhodnocuje, jestli se jedná o poruchový stav, nebo o stav normální. Mezi rozvaděči AJS 1.1 a AJS 1.2 jsou použity pro nadproudové chránění ochrany REF 615. Ochrany RED 615 jsou instalovány mezi rozvaděči AJS 1.2 – AJS 2.1, AJS 1.2 – AJS 3.1 a AJS 2.1 – AJS 3.1.

Každý z rozvaděčů se skládá z několika polí. Rozvaděč tvoří pole přívodu, vývodu, transformátoru, měření, uzemňovače a taky rezervy. Hlavní rozvaděč AJS 1.1 tvoří jedno pole přívodu z distribuční sítě společnosti ČEZ. Dále ho tvoří pole měření a dvě pole vývodu na rozvaděč AJS 1.2. Podružný rozvaděč AJS 1.2 je složen z nejvíce polí ze všech rozvaděčů v chráněné soustavě. Tento rozvaděč se skládá ze dvou částí a je spojen spojkou. Tento rozvaděč má dvě pole přívodová, dvě vývodová na rozvaděče AJS 2.1, AJS 3.1 a dvě pole transformátoru. Dále se zde nachází pole uzemňovače, spojky a pole rezervy. Rozvaděče AJS 2.1 a AJS 3.1 mají obsazení polí stejné. Tvoří ho dvě pole přívodu a dvě pole transformátorů. U rozvaděče AJS 2.1 jsou přívody z AJS 1.2 a AJS 3.1, u rozvaděče AJS 3.1 je přívod z AJS 1.2 a AJS 2.1.

V každém poli se nacházejí odpojovače, které neslouží k vypnutí daného úseku, nýbrž jsou zde pro případ, kdy potřebujeme dané místo odpojit pro údržbu nebo výměnu nějaké součásti. V polích přívodu a vývodu se kromě odpojovačů nacházejí měřicí senzory, vypínače a samotná nadproudová ochrana. Vypínač se také nachází v poli spojky v rozvaděči AJS 1.2. V poli transformátoru se oproti polím vývodu a přívodu nenachází vypínač, ale odpínač a samotný transformátor. Můžeme tedy říci, že pole transformátoru má funkci měřicího pole, nikoli chránicího. Rezerva vývodu v rozvaděči AJS 1.2, která je zde pro případ výpadku nebo poruchy jednoho ze dvou vývodů na AJS 2.1, nebo AJS 3.1, má vybavení úplně stejné jako oba dva zmíněné vývody. Je vybavena vypínačem, odpojovačem, měřicím senzorem a nadproudovou ochranou.

Rozvaděče jsou propojeny kabelem 22-AXEKVCEY o průřezu 120 mm<sup>2</sup>.

Použité proudové senzory v chráněné soustavě, které snižují hodnoty proudu pro ochrany, mají hodnotu primárního proudu 80 A a hodnotu nominálního proudu 80 A. Transformátory použité v každém rozvaděči chráněné soustavy jsou instalovány po dvou. Jejich zdánlivý výkon je 400 kVA, jmenovité napětí nakrátko 4%. Transformátor převádí napětí z 22 kV na 0,4 kV, je uzemněno a zapojeno hvězda-trojúhelník.

Originální celkové schéma celé chráněné soustavy je přiloženo v Příloze A.

## 8. Výpočty hodnot pro nastavení ochran

### 8.1 Vstupní parametry pro výpočet

Tab. 3 Hodnoty sítě dané distributorem elektrické energie

veličina	hodnota	jednotka
napětí sítě	22000	V
zkratový proud před TS	3800	A

Tab. 4 Hodnoty délky a průřezů kabelu v každém úseku vedení

úsek		typ	průřez	průřez	počet	délka
od	do	(-)	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(-)	(m)
AJS 1.2-3	AJS 3.1-2	22-AXEKVCEY	3x1x120	120	1	2100
AJS 1.2-7	AJS 2.1-3	22-AXEKVCEY	3x1x120	120	1	1300
AJS 2.1-4	AJS 3.1-1	22-AXEKVCEY	3x1x120	120	1	1100

Tab. 5 Hodnoty daných veličin kabelu z katalogu[10]

veličina	hodnota	jednotka
Indukčnost	0,420	mH/km
Činný odpor	0,253	Ω/km
Kapacita	0,230	μF/km
Zatížitelnost	317	A

### 8.2 Výpočet minimálních zkratových proudů

V úseku mezi rozvaděči AJS 1.1 a AJS 2.1 se výpočet kabelů zanedbává z důvodu krátké délky kabelů mezi těmito dvěma úseky. Ve výpočtech zkratového proudu se za konstantu napěťového koeficientu  $c$  použije hodnota 1,1 (-).

#### Výpočet reaktance kabelu na kilometr z indukčnosti

$$X_k = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot (0,420 \cdot 10^{-3}) = 0,132 \, \Omega/\text{km} \quad (56)$$

#### Výpočet reaktance soustavy

$$X_S = \frac{c \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot I_k''} = \frac{1,1 \cdot 22000}{\sqrt{3} \cdot 3800} = 3,677 \, \Omega \quad (57)$$

### Výpočet reaktance kabelu v úseku AJS 1.2-3 až AJS 3.1-2

$$X_1 = X_k \cdot l = 0,132 \cdot 2,1 = 0,277 \, \Omega \quad (58)$$

$$R_1 = R_k \cdot l = 0,253 \cdot 2,1 = 0,531 \, \Omega \quad (59)$$

### Výpočet reaktance kabelu v úseku AJS 1.2-7 až AJS 2.1-3

$$X_2 = X_k \cdot l = 0,132 \cdot 1,3 = 0,172 \, \Omega \quad (60)$$

$$R_2 = R_k \cdot l = 0,253 \cdot 1,3 = 0,329 \, \Omega \quad (61)$$

### Výpočet reaktance kabelu v úseku AJS 1.2-7 až AJS 2.1-3

$$X_3 = X_k \cdot l = 0,132 \cdot 1,1 = 0,145 \, \Omega \quad (62)$$

$$R_3 = R_k \cdot l = 0,253 \cdot 1,1 = 0,278 \, \Omega \quad (63)$$

### Výpočet minimálního zkratového proudu na AJS 1.2

$$Z_{(1)} = X_S = 3,677 \, \Omega \quad (64)$$

$$I''_{kmin} = \frac{c \cdot U_N}{2 \cdot Z_{(1)}} = \frac{1,1 \cdot 22000}{2 \cdot 3,677} = 3,3 \, \text{kA} \quad (65)$$

### Výpočet minimálního zkratového proudu na AJS 2.1

$$Z_{(1)} = \left\{ \frac{[(R_1+jX_1)+(R_3+jX_3)] \cdot (R_2+jX_2)}{[(R_1+jX_1)+(R_3+jX_3)]+(R_2+jX_2)} \right\} + jX_S = \left\{ \frac{[(0,531+j0,277)+(0,278+j0,145)] \cdot (0,329+j0,172)}{[(0,531+j0,277)+(0,278+j0,145)]+(0,329+j0,172)} \right\} +$$
$$3,677 = 0,234 + j 3,799 = \sqrt{(0,234)^2 + (3,799)^2} = 3,86 \, \Omega \quad (66)$$

$$I''_{kmin} = \frac{c \cdot U_N}{2 \cdot Z_{(1)}} = \frac{1,1 \cdot 22000}{2 \cdot 3,86} = 3,1 \, \text{kA} \quad (67)$$

### Výpočet minimálního zkratového proudu na AJS 3.1

$$Z_{(1)} = \left\{ \frac{[(R_2+jX_2)+(R_3+jX_3)] \cdot (R_1+jX_1)}{[(R_2+jX_2)+(R_3+jX_3)]+(R_1+jX_1)} \right\} + jX_S = \left\{ \frac{[(0,329+j0,172)+(0,278+j0,145)] \cdot (0,531+j0,277)}{[(0,329+j0,172)+(0,278+j0,145)]+(0,531+j0,277)} \right\} +$$
$$3,677 = 0,283 + j 3,825 = \sqrt{(0,283)^2 + (3,825)^2} = 3,835 \, \Omega \quad (68)$$

$$I''_{kmin} = \frac{c \cdot U_N}{2 \cdot Z_{(1)}} = \frac{1,1 \cdot 22000}{2 \cdot 3,835} = 3,2 \, \text{kA} \quad (69)$$

### 8.3 Výpočet kapacitních poruchových proudů kabelů

**Výpočet kapacity a poruchového proudu v úseku AJS 1.2-3 až AJS 3.1-2**

$$C_1 = C_k \cdot l = 0,230 \cdot 2,1 = 0,483 \mu\text{F} \quad (70)$$

$$I_{c1} = 3 \cdot \omega \cdot C_1 \cdot U_f = 3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot (0,483 \cdot 10^{-6}) \cdot \frac{22000}{\sqrt{3}} = 5,78 \text{ A} \quad (71)$$

**Výpočet kapacity a poruchového proudu v úseku AJS 1.2-7 až AJS 2.1-3**

$$C_2 = C_k \cdot l = 0,230 \cdot 1,3 = 0,299 \mu\text{F} \quad (72)$$

$$I_{c2} = 3 \cdot \omega \cdot C_2 \cdot U_f = 3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot (0,299 \cdot 10^{-6}) \cdot \frac{22000}{\sqrt{3}} = 3,58 \text{ A} \quad (73)$$

**Výpočet kapacity a poruchového proudu v úseku AJS 2.1-4 až AJS 3.1-1**

$$C_3 = C_k \cdot l = 0,230 \cdot 1,1 = 0,253 \mu\text{F} \quad (74)$$

$$I_{c3} = 3 \cdot \omega \cdot C_3 \cdot U_f = 3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot (0,253 \cdot 10^{-6}) \cdot \frac{22000}{\sqrt{3}} = 3,03 \text{ A} \quad (75)$$

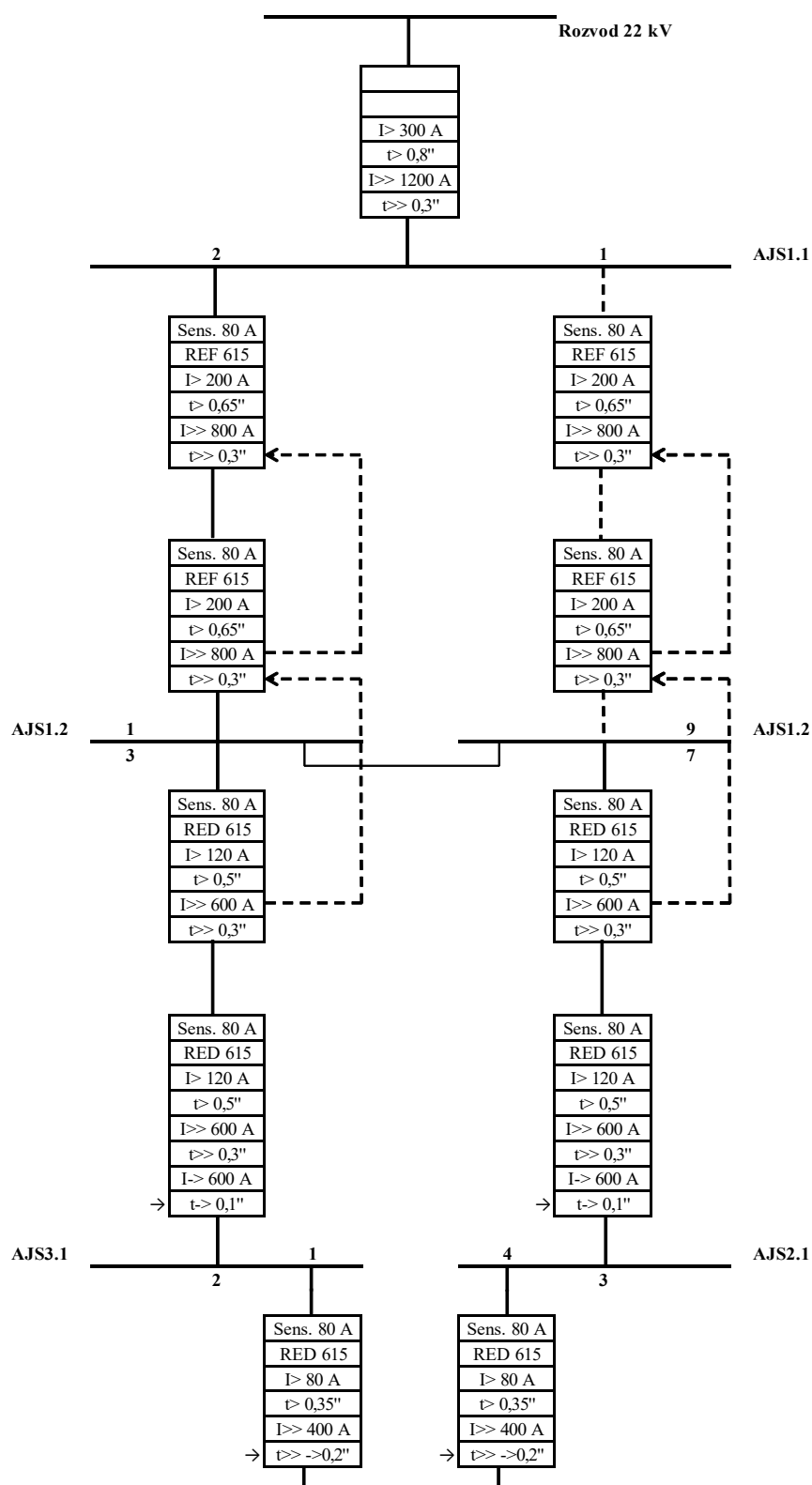
## 9. Nastavení Ochrán REF 615 A RED 615

Při nastavení parametrů pro správnou selektivní funkci digitálních ochran REF 615 a RED 615 (Viz. Tab. 6.1-Tab. 16.5), bylo řešeno nastavení pro každou ochranu zvlášť. Větší část nastavených parametrů v jednotlivých tabulkách měly stejnou hodnotu pro jednotlivé funkce ochrany (přetížení, zkrat, zemní spojení). Hlavní parametry v tabulkách, které se lišili v jednotlivých nastaveních ochran, neboť byly selektivně odstupňovány od nadřazené ochrany distributora elektrické energie. Nejdůležitější body nastavení v každé tabulce, které se řešily, jsou násobek jmenovitého proudu, směrový režim (tzn. směr chránění), násobitel času, provozní typ křivky, vypínací čas při poruše, hodnota proudového popudu. U všech ochran RED 615 v chranné soustavě, jsou u diferenciálního chránění všechny nastavované parametry stejné. Ochrany REF 615 diferenciální chránění nemají. Násobek jmenovitého proudu ve všech případech byl nastaven s výpočtu, kdy se nastavený proudový popud dělil jmenovitou hodnotou senzoru, což bylo v našem případě 80 A.

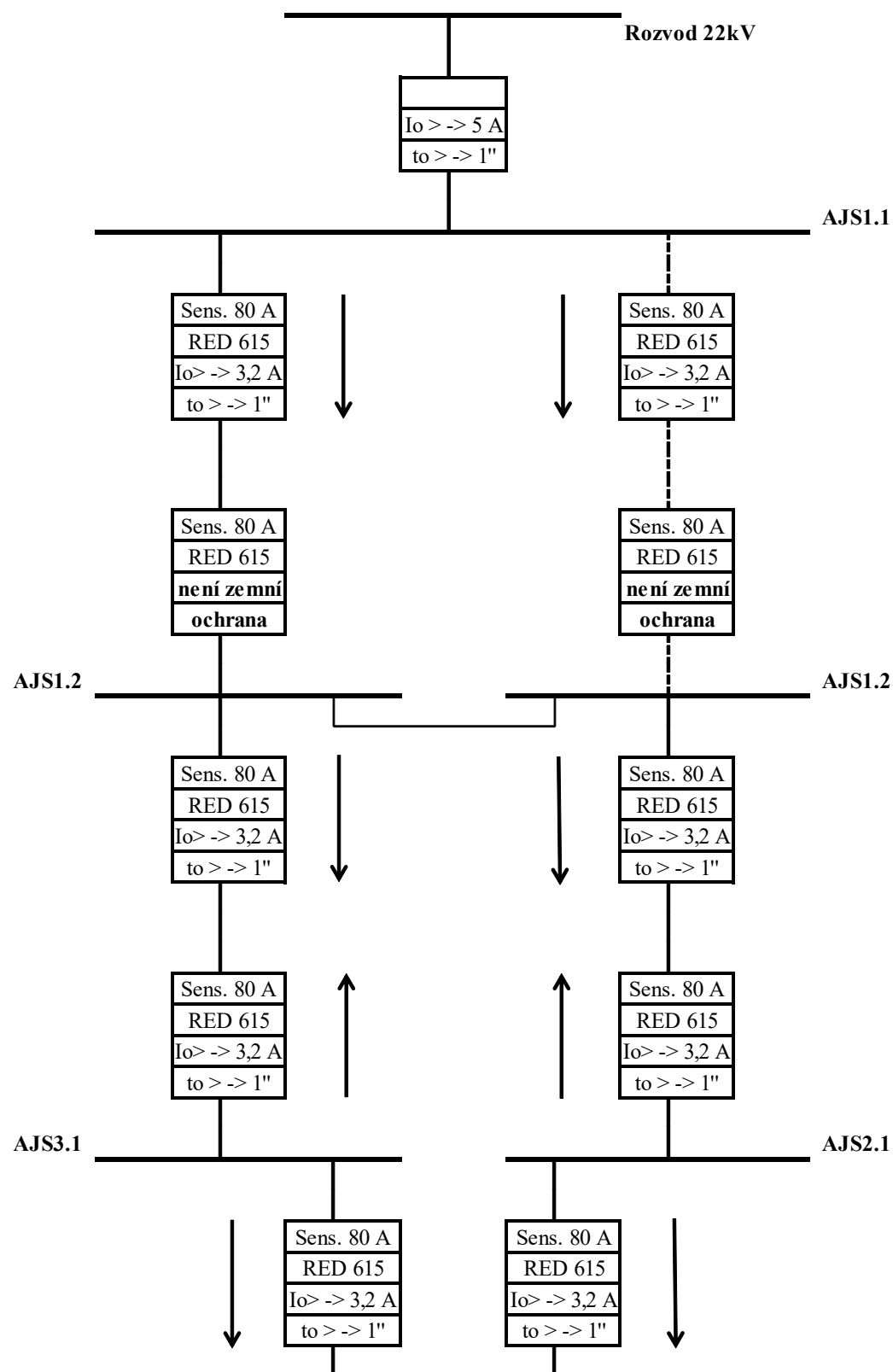
Nastavení přetíže se vycházelo s katalogové hodnoty maximálního přetížení pro kabel použitý v chranné soustavě (horní mez) a součtu proudů transformátoru v jednotlivých rozvaděčích (spodní mez). Selektivně se jednotlivé ochrany nastavovaly od nadřazené ochrany distributora elektrické energie. Násobitel času byl u přetížení volen jedna. Provozní křivka u přetížení byla pevně definována, což je jedna z možností pro nastavení této hodnoty. Tato hodnota má celkem devatenáct druhů nastavení. Všechny ochrany proti přetížení byly nastavovány nesměrově.

Při návrhu hodnot při zkratu v soustavě se bral v úvahu vypočtený minimální zkratový proud v daném místě (horní hranice) a stejně jako u přetížení byla spodní mez součet proudů transformátorů v každém rozvaděči. S nastavením se opět vycházelo od ochrany distributora, který měl nastavený velmi malý čas působení. U tohoto nastavení se musel nastavit směrový článek, který byl součástí některých ochran. Směrový článek se v soustavě nastavil se směrem ven s přípojníc. Zbylé zkratové nastavení se volilo jako nesměrové. Násobitel času byl nastaven stejně jako u přetížení jedna. Typ křivky byl nastaven jako pevně definovaný.

Zemní ochrany se nastavovaly v celé chranné soustavě se stejným proudovým a časovým popudem. Tento fakt byl zapříčiněn tím, že směrový režim každé ochrany, která obsahovala zemní ochranu, byl nastaven jako směr ven s přípojníc. Pokud bychom směr definovaly nesměrově, hodnoty proudového a časového popudu u každé ochrany by měly jiné hodnoty. Násobitel času u zemních byl stanoven na jedna. Provozní křivka byla pevně definována uživatelem.



Obr. 13 Selektivita nadproudových ochran



Obr. 14 Selektivita zemních ochran



## 9.1 Ochrana REF615 AJS1.1 – pole č. 1; Vývod na AJS1.2 – pole č. 9

DPHLPDOC, 3I >→

Tab. 6.1 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřaditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05... 5,00	xIn	2,5
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operate delay time	40... 200000	ms	650
Operating curve type	1... 19 <sup>1)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>2)</sup>		1
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Directional mode	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Pol quantity	-2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	200
<b>Non group settings</b>			
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Num of start phases	1... 3 <sup>6)</sup>		1
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		1
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>8)</sup>		1
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01

- <sup>1)</sup> Operating curve type      1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type
- <sup>2)</sup> Type of reset curve      1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset
- <sup>3)</sup> Directional mode      1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse
- <sup>4)</sup> Pol quantity      -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol
- <sup>5)</sup> Operation      1=on; 5=off
- <sup>6)</sup> Num of start phases      1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3
- <sup>7)</sup> Measurement mode      1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak
- <sup>8)</sup> Allow Non Dir      0=False; 1= True

Tab. 6.2 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10... 40,00	xIn	10
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 17 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	40... 200000	ms	300
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	800
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>6)</sup>		1
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		3
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Num of start phases	1... 3 <sup>8)</sup>		1

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time; 17=Programmable

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Pol quantity -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol

<sup>5)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>6)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>7)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>8)</sup> Num of start phases 1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3

DEFLPDEF, Io >>→

Tab. 6.3 Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,010... 5,000	xIn	0,04
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		2
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 19 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	60... 200000	ms	1000
Operation mode	1... 5 <sup>4)</sup>		1
Characteristic angle	- 179... 180	deg	0
Max forward angle	0... 180	deg	80
Max reverse angle	0... 180	deg	80
Min forward angle	0... 180	deg	80
Min reverse angle	0... 180	deg	80
Voltage start value	0,010... 1,000	xUn	0,100
Enable voltage limit	0 or 1 <sup>5)</sup>		1
Real Values current	-	A	3,2
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>6)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	60... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>7)</sup>		0
Measurement mode	1... 3 <sup>8)</sup>		2
Min operate current	0,005... 1,000	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Correction angle	0,0... 10,0	deg	0,0
Pol reversal	0 or 1 <sup>9)</sup>		0
Curve parameter A	0,0086... 120, 0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Io signal Sel	1 or 2 <sup>10)</sup>		2
Pol signal Sel	1... 3 <sup>11)</sup>		2

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Operation mode 1=Phase angle; 2=IoSin; 3=IoCos; 4=Phase angle 80; 5=Phase angle 88

<sup>5)</sup> Enable voltage limit 1= False; 5= True

<sup>6)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>7)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>8)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>9)</sup> Pol reversal 0=False; 1= True

<sup>10)</sup> Io signal Sel 1=Measured Io; 2=Calculated Io

<sup>11)</sup> Pol signal Sel 1=Measured Uo; 2=Calculated Uo; 3=Neg. seq. volt.

## 9.2 Ochrana REF615 AJS1.1 – pole č. 2; Vývod na AJS1.2 – pole č. 1

DPHLPDOC, 3I >→

Tab. 7.1 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřaditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05... 5,00	xIn	2,5
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operate delay time	40... 200000	ms	650
Operating curve type	1... 19 <sup>1)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>2)</sup>		1
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Directional mode	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Pol quantity	-2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	200
<b>Non group settings</b>			
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Num of start phases	1... 3 <sup>6)</sup>		1
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		1
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>8)</sup>		1
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01

- <sup>1)</sup> Operating curve type      1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type
- <sup>2)</sup> Type of reset curve      1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset
- <sup>3)</sup> Directional mode      1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse
- <sup>4)</sup> Pol quantity      -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol
- <sup>5)</sup> Operation      1=on; 5=off
- <sup>6)</sup> Num of start phases      1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3
- <sup>7)</sup> Measurement mode      1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak
- <sup>8)</sup> Allow Non Dir      0=False; 1= True

Tab. 7.2 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10... 40,00	xIn	10
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 17 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	40... 200000	ms	300
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	800
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>6)</sup>		1
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		3
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Num of start phases	1... 3 <sup>8)</sup>		1

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time; 17=Programmable

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Pol quantity -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol

<sup>5)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>6)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>7)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>8)</sup> Num of start phases 1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3

DEFLPDEF, Io >>→

Tab. 7.3 Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,010... 5,000	xIn	0,04
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		2
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 19 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	60... 200000	ms	1000
Operation mode	1... 5 <sup>4)</sup>		1
Characteristic angle	- 179... 180	deg	0
Max forward angle	0... 180	deg	80
Max reverse angle	0... 180	deg	80
Min forward angle	0... 180	deg	80
Min reverse angle	0... 180	deg	80
Voltage start value	0,010... 1,000	xUn	0,100
Enable voltage limit	0 or 1 <sup>5)</sup>		1
Real Values current	-	A	3,2
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>6)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	60... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>7)</sup>		0
Measurement mode	1... 3 <sup>8)</sup>		2
Min operate current	0,005... 1,000	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Correction angle	0,0... 10,0	deg	0,0
Pol reversal	0 or 1 <sup>9)</sup>		0
Curve parameter A	0,0086... 120, 0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Io signal Sel	1 or 2 <sup>10)</sup>		2
Pol signal Sel	1... 3 <sup>11)</sup>		2

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Operation mode 1=Phase angle; 2=IoSin; 3=IoCos; 4=Phase angle 80; 5=Phase angle 88

<sup>5)</sup> Enable voltage limit 1= False; 5= True

<sup>6)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>7)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>8)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>9)</sup> Pol reversal 0=False; 1= True

<sup>10)</sup> Io signal Sel 1=Measured Io; 2=Calculated Io

<sup>11)</sup> Pol signal Sel 1=Measured Uo; 2=Calculated Uo; 3=Neg. seq. volt.

## 9.3 Ochrana REF615 AJS1.2 – pole č. 1; Přívod z AJS1.1 – pole č. 2

DPHLPDOC, 3I >→

Tab. 8.1 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřaditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05... 5,00	xIn	2,5
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operate delay time	40... 200000	ms	650
Operating curve type	1... 19 <sup>1)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>2)</sup>		1
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Directional mode	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Pol quantity	-2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	200
<b>Non group settings</b>			
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Num of start phases	1... 3 <sup>6)</sup>		1
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		1
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>8)</sup>		1
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01

- <sup>1)</sup> Operating curve type      1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type
- <sup>2)</sup> Type of reset curve      1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset
- <sup>3)</sup> Directional mode      1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse
- <sup>4)</sup> Pol quantity      -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol
- <sup>5)</sup> Operation      1=on; 5=off
- <sup>6)</sup> Num of start phases      1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3
- <sup>7)</sup> Measurement mode      1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak
- <sup>8)</sup> Allow Non Dir      0=False; 1= True

Tab. 8.2 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10... 40,00	xIn	10
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 17 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	40... 200000	ms	300
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	800
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>6)</sup>		1
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		3
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Num of start phases	1... 3 <sup>8)</sup>		1

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time; 17=Programmable

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Pol quantity -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol

<sup>5)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>6)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>7)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>8)</sup> Num of start phases 1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3



## 9.4 Ochrana REF615 AJS1.2 – pole č. 9; Přívod z AJS1.1 – pole č. 1

DPHLPDOC, 3I >→

Tab. 9.1 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05... 5,00	xIn	2,5
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operate delay time	40... 200000	ms	650
Operating curve type	1... 19 <sup>1)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>2)</sup>		1
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Directional mode	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Pol quantity	-2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	200
<b>Non group settings</b>			
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Num of start phases	1... 3 <sup>6)</sup>		1
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		1
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>8)</sup>		1
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01

- <sup>1)</sup> Operating curve type      1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type
- <sup>2)</sup> Type of reset curve      1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset
- <sup>3)</sup> Directional mode      1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse
- <sup>4)</sup> Pol quantity      -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol
- <sup>5)</sup> Operation      1=on; 5=off
- <sup>6)</sup> Num of start phases      1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3
- <sup>7)</sup> Measurement mode      1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak
- <sup>8)</sup> Allow Non Dir      0=False; 1= True

Tab. 9.2 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10... 40,00	xIn	10
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 17 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	40... 200000	ms	300
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	800
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>6)</sup>		1
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		3
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Num of start phases	1... 3 <sup>8)</sup>		1

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time; 17=Programmable

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Pol quantity -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol

<sup>5)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>6)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>7)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>8)</sup> Num of start phases 1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3

## 9.5 Ochrana RED615 AJS1.2 – pole č. 3; Vývod do AJS3.1 – pole č. 2

LNPLDF, 3dI >L

Tab. 10.1 Linková diferenciální ochrana

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
High operate value	200... 4000	% In	4000
High Op value Mult	0,5... 1,0		1
Low operate value	10... 200	% In	20
End section 1	0... 200	% In	50
Slope section 2	10... 50	%	15
End section 2	200... 2000	% In	200
Slope section 3	100... 200	%	100
Operate delay time	45... 200000	ms	45
Operating curve type	1... 15 <sup>1)</sup>		15
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Start value 2.H	10... 50	%	15
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1... 5 <sup>2)</sup>		1
Restraint mode	1 or 2 <sup>3)</sup>		2
Reset delay time	0... 60000	ms	0
Minimum operate time	45... 60000	ms	45
CT ratio correction	0,200... 5,000		1
CT connection type	1 or 2 <sup>4)</sup>		-

<sup>1)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time;

<sup>2)</sup> Operation 1=on; 4=test/blocked; 5=off

<sup>3)</sup> Restraint mode 1=None; 2=Harmonic2

<sup>4)</sup> CT connection type 1=Type 1; 2=Type 2

Tab. 10.2 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05... 5,00	xIn	1,5
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operate delay time	40... 200000	ms	500
Operating curve type	1... 19 <sup>1)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>2)</sup>		1
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Directional mode	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	120
<b>Non group settings</b>			
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Num of start phases	1... 3 <sup>6)</sup>		1
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		1
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>8)</sup>		1
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01

- <sup>1)</sup> Operating curve type      1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type
- <sup>2)</sup> Type of reset curve      1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset
- <sup>3)</sup> Directional mode      1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse
- <sup>4)</sup> Pol quantity      -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol
- <sup>5)</sup> Operation      1=on; 5=off
- <sup>6)</sup> Num of start phases      1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3
- <sup>7)</sup> Measurement mode      1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak
- <sup>8)</sup> Allow Non Dir      0=False; 1= True

Tab. 10.3 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10... 40,00	xIn	7,5
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 17 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	40... 200000	ms	300
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	600
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>6)</sup>		1
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		3
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Num of start phases	1... 3 <sup>8)</sup>		1

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time; 17=Programmable

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Pol quantity -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol

<sup>5)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>6)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>7)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>8)</sup> Num of start phases 1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3

DEFLPDEF, Io >>→

Tab. 10.4 Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,010... 5,000	xIn	0,04
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		2
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 19 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	60... 200000	ms	1000
Operation mode	1... 5 <sup>4)</sup>		1
Characteristic angle	- 179... 180	deg	0
Max forward angle	0... 180	deg	80
Max reverse angle	0... 180	deg	80
Min forward angle	0... 180	deg	80
Min reverse angle	0... 180	deg	80
Voltage start value	0,010... 1,000	xUn	0,100
Enable voltage limit	0 or 1 <sup>5)</sup>		1
Real Values current	-	A	3,2
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>6)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	60... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>7)</sup>		0
Measurement mode	1... 3 <sup>8)</sup>		2
Min operate current	0,005... 1,000	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Correction angle	0,0... 10,0	deg	0,0
Pol reversal	0 or 1 <sup>9)</sup>		0
Curve parameter A	0,0086... 120, 0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Io signal Sel	1 or 2 <sup>10)</sup>		2
Pol signal Sel	1... 3 <sup>11)</sup>		2

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Operation mode 1=Phase angle; 2=IoSin; 3=IoCos; 4=Phase angle 80; 5=Phase angle 88

<sup>5)</sup> Enable voltage limit 1= False; 5= True

<sup>6)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>7)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>8)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>9)</sup> Pol reversal 0=False; 1= True

<sup>10)</sup> Io signal Sel 1=Measured Io; 2=Calculated Io

<sup>11)</sup> Pol signal Sel 1=Measured Uo; 2=Calculated Uo; 3=Neg. seq. volt.

## 9.6 Ochrana RED615 AJS1.2 – pole č. 7; Vývod na AJS2.1 – pole č. 3

LNPLDF, 3dI >L

Tab. 11.1 Linková diferenciální ochrana

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
High operate value	200... 4000	% In	4000
High Op value Mult	0,5... 1,0		1
Low operate value	10... 200	% In	20
End section 1	0... 200	% In	50
Slope section 2	10... 50	%	15
End section 2	200... 2000	% In	200
Slope section 3	100... 200	%	100
Operate delay time	45... 200000	ms	45
Operating curve type	1... 15 <sup>1)</sup>		15
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Start value 2.H	10... 50	%	15
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1... 5 <sup>2)</sup>		1
Restraint mode	1 or 2 <sup>3)</sup>		2
Reset delay time	0... 60000	ms	0
Minimum operate time	45... 60000	ms	45
CT ratio correction	0,200... 5,000		1
CT connection type	1 or 2 <sup>4)</sup>		-

<sup>1)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time;

<sup>2)</sup> Operation 1=on; 4=test/blocked; 5=off

<sup>3)</sup> Restraint mode 1=None; 2=Harmonic2

<sup>4)</sup> CT connection type 1=Type 1; 2=Type 2

Tab. 12.2 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05... 5,00	xIn	1,5
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operate delay time	40... 200000	ms	500
Operating curve type	1... 19 <sup>1)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>2)</sup>		1
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Directional mode	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	120
<b>Non group settings</b>			
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Num of start phases	1... 3 <sup>6)</sup>		1
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		1
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>8)</sup>		1
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01

- <sup>1)</sup> Operating curve type    1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type
- <sup>2)</sup> Type of reset curve    1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset
- <sup>3)</sup> Directional mode    1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse
- <sup>4)</sup> Pol quantity    -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol
- <sup>5)</sup> Operation    1=on; 5=off
- <sup>6)</sup> Num of start phases    1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3
- <sup>7)</sup> Measurement mode    1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak
- <sup>8)</sup> Allow Non Dir    0=False; 1= True



Tab. 12.3 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10... 40,00	xIn	7,5
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 17 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	40... 200000	ms	300
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	600
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>6)</sup>		1
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		3
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Num of start phases	1... 3 <sup>8)</sup>		1

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time; 17=Programmable

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Pol quantity -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol

<sup>5)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>6)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>7)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>8)</sup> Num of start phases 1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3

DEFLPDEF, Io >>→

Tab. 12.4 Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,010... 5,000	xIn	0,04
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		2
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 19 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	60... 200000	ms	1000
Operation mode	1... 5 <sup>4)</sup>		1
Characteristic angle	- 179... 180	deg	0
Max forward angle	0... 180	deg	80
Max reverse angle	0... 180	deg	80
Min forward angle	0... 180	deg	80
Min reverse angle	0... 180	deg	80
Voltage start value	0,010... 1,000	xUn	0,100
Enable voltage limit	0 or 1 <sup>5)</sup>		1
Real Values current	-	A	3,2
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>6)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	60... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>7)</sup>		0
Measurement mode	1... 3 <sup>8)</sup>		2
Min operate current	0,005... 1,000	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Correction angle	0,0... 10,0	deg	0,0
Pol reversal	0 or 1 <sup>9)</sup>		0
Curve parameter A	0,0086... 120, 0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Io signal Sel	1 or 2 <sup>10)</sup>		2
Pol signal Sel	1... 3 <sup>11)</sup>		2

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Operation mode 1=Phase angle; 2=IoSin; 3=IoCos; 4=Phase angle 80; 5=Phase angle 88

<sup>5)</sup> Enable voltage limit 1= False; 5= True

<sup>6)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>7)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>8)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>9)</sup> Pol reversal 0=False; 1= True

<sup>10)</sup> Io signal Sel 1=Measured Io; 2=Calculated Io

<sup>11)</sup> Pol signal Sel 1=Measured Uo; 2=Calculated Uo; 3=Neg. seq. volt.

## 9.7 Ochrana RED615 AJS2.1 – pole č. 3; Přívod z AJS1.2 – pole č. 7

LNPLDF, 3dI >L

Tab. 13.1 Linková diferenciální ochrana

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
High operate value	200... 4000	% In	4000
High Op value Mult	0,5... 1,0		1
Low operate value	10... 200	% In	20
End section 1	0... 200	% In	50
Slope section 2	10... 50	%	15
End section 2	200... 2000	% In	200
Slope section 3	100... 200	%	100
Operate delay time	45... 200000	ms	45
Operating curve type	1... 15 <sup>1)</sup>		15
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Start value 2.H	10... 50	%	15
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1... 5 <sup>2)</sup>		1
Restraint mode	1 or 2 <sup>3)</sup>		2
Reset delay time	0... 60000	ms	0
Minimum operate time	45... 60000	ms	45
CT ratio correction	0,200... 5,000		1
CT connection type	1 or 2 <sup>4)</sup>		-

<sup>1)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time;

<sup>2)</sup> Operation 1=on; 4=test/blocked; 5=off

<sup>3)</sup> Restraint mode 1=None; 2=Harmonic2

<sup>4)</sup> CT connection type 1=Type 1; 2=Type 2

Tab. 13.2 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05... 5,00	xIn	1,5
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operate delay time	40... 200000	ms	500
Operating curve type	1... 19 <sup>1)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>2)</sup>		1
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Directional mode	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	120
<b>Non group settings</b>			
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Num of start phases	1... 3 <sup>6)</sup>		1
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		1
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>8)</sup>		1
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01

- <sup>1)</sup> Operating curve type    1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type
- <sup>2)</sup> Type of reset curve    1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset
- <sup>3)</sup> Directional mode    1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse
- <sup>4)</sup> Pol quantity    -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol
- <sup>5)</sup> Operation    1=on; 5=off
- <sup>6)</sup> Num of start phases    1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3
- <sup>7)</sup> Measurement mode    1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak
- <sup>8)</sup> Allow Non Dir    0=False; 1= True

# DPHHPDOC (1), 3I >>→ (1)

Tab. 13.3 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelností (1)

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10... 40,00	xIn	7,5
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 17 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	40... 200000	ms	300
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	600
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>6)</sup>		1
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		3
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Num of start phases	1... 3 <sup>8)</sup>		1

- 1) Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse  
2) Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv. 10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time; 17=Programmable  
3) Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset  
4) Pol quantity -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol  
5) Operation 1=on; 5=off  
6) Allow Non Dir 0=False; 1= True  
7) Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak  
8) Num of start phases 1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3

## DPHHPDOC (2), 3I >>→ (2)

Tab. 13.4 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti (2)

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10... 40,00	xIn	7,5
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		2
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 17 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	40... 200000	ms	100
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	600
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>6)</sup>		1
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		3
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Num of start phases	1... 3 <sup>8)</sup>		1

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv. 10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time; 17=Programmable

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Pol quantity -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol

<sup>5)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>6)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>7)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>8)</sup> Num of start phases 1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3

DEFLPDEF, Io >>→

Tab. 13.5 Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,010... 5,000	xIn	0,04
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		2
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 19 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	60... 200000	ms	1000
Operation mode	1... 5 <sup>4)</sup>		1
Characteristic angle	- 179... 180	deg	0
Max forward angle	0... 180	deg	80
Max reverse angle	0... 180	deg	80
Min forward angle	0... 180	deg	80
Min reverse angle	0... 180	deg	80
Voltage start value	0,010... 1,000	xUn	0,100
Enable voltage limit	0 or 1 <sup>5)</sup>		1
Real Values current	-	A	3,2
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>6)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	60... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>7)</sup>		0
Measurement mode	1... 3 <sup>8)</sup>		2
Min operate current	0,005... 1,000	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Correction angle	0,0... 10,0	deg	0,0
Pol reversal	0 or 1 <sup>9)</sup>		0
Curve parameter A	0,0086... 120, 0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Io signal Sel	1 or 2 <sup>10)</sup>		2
Pol signal Sel	1... 3 <sup>11)</sup>		2

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Operation mode 1=Phase angle; 2=IoSin; 3=IoCos; 4=Phase angle 80; 5=Phase angle 88

<sup>5)</sup> Enable voltage limit 1= False; 5= True

<sup>6)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>7)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>8)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>9)</sup> Pol reversal 0=False; 1= True

<sup>10)</sup> Io signal Sel 1=Measured Io; 2=Calculated Io

<sup>11)</sup> Pol signal Sel 1=Measured Uo; 2=Calculated Uo; 3=Neg. seq. volt.

## 9.8 Ochrana RED615 AJS2.1 – pole č. 4; Vývod z AJS3.1 – pole č. 1

LNPLDF, 3dI >L

Tab. 14.1 Linková diferenciální ochrana

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
High operate value	200... 4000	% In	4000
High Op value Mult	0,5... 1,0		1
Low operate value	10... 200	% In	20
End section 1	0... 200	% In	50
Slope section 2	10... 50	%	15
End section 2	200... 2000	% In	200
Slope section 3	100... 200	%	100
Operate delay time	45... 200000	ms	45
Operating curve type	1... 15 <sup>1)</sup>		15
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Start value 2.H	10... 50	%	15
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1... 5 <sup>2)</sup>		1
Restraint mode	1 or 2 <sup>3)</sup>		2
Reset delay time	0... 60000	ms	0
Minimum operate time	45... 60000	ms	45
CT ratio correction	0,200... 5,000		1
CT connection type	1 or 2 <sup>4)</sup>		-

<sup>1)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time;

<sup>2)</sup> Operation 1=on; 4=test/blocked; 5=off

<sup>3)</sup> Restraint mode 1=None; 2=Harmonic2

<sup>4)</sup> CT connection type 1=Type 1; 2=Type 2



Tab. 14.2 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05... 5,00	xIn	1
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operate delay time	40... 200000	ms	350
Operating curve type	1... 19 <sup>1)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>2)</sup>		1
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Directional mode	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	80
<b>Non group settings</b>			
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Num of start phases	1... 3 <sup>6)</sup>		1
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		1
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>8)</sup>		1
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01

- <sup>1)</sup> Operating curve type      1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type
- <sup>2)</sup> Type of reset curve      1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset
- <sup>3)</sup> Directional mode      1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse
- <sup>4)</sup> Pol quantity      -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol
- <sup>5)</sup> Operation      1=on; 5=off
- <sup>6)</sup> Num of start phases      1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3
- <sup>7)</sup> Measurement mode      1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak
- <sup>8)</sup> Allow Non Dir      0=False; 1= True

Tab. 14.3 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10... 40,00	xIn	2,5
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		2
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 17 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	40... 200000	ms	200
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	200
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>6)</sup>		1
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		3
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Num of start phases	1... 3 <sup>8)</sup>		1

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time; 17=Programmable

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Pol quantity -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol

<sup>5)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>6)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>7)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>8)</sup> Num of start phases 1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3

DEFLPDEF, Io >>→

Tab. 14.4 Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,010... 5,000	xIn	0,04
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		2
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 19 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	60... 200000	ms	1000
Operation mode	1... 5 <sup>4)</sup>		1
Characteristic angle	- 179... 180	deg	0
Max forward angle	0... 180	deg	80
Max reverse angle	0... 180	deg	80
Min forward angle	0... 180	deg	80
Min reverse angle	0... 180	deg	80
Voltage start value	0,010... 1,000	xUn	0,100
Enable voltage limit	0 or 1 <sup>5)</sup>		1
Real Values current	-	A	3,2
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>6)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	60... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>7)</sup>		0
Measurement mode	1... 3 <sup>8)</sup>		2
Min operate current	0,005... 1,000	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Correction angle	0,0... 10,0	deg	0,0
Pol reversal	0 or 1 <sup>9)</sup>		0
Curve parameter A	0,0086... 120, 0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Io signal Sel	1 or 2 <sup>10)</sup>		2
Pol signal Sel	1... 3 <sup>11)</sup>		2

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Operation mode 1=Phase angle; 2=IoSin; 3=IoCos; 4=Phase angle 80; 5=Phase angle 88

<sup>5)</sup> Enable voltage limit 1= False; 5= True

<sup>6)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>7)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>8)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>9)</sup> Pol reversal 0=False; 1= True

<sup>10)</sup> Io signal Sel 1=Measured Io; 2=Calculated Io

<sup>11)</sup> Pol signal Sel 1=Measured Uo; 2=Calculated Uo; 3=Neg. seq. volt.

## 9.9 Ochrana RED615 AJS3.1 – pole č. 1; Vývod z AJS2.1 – pole č. 4

LNPLDF, 3dI >L

Tab. 15.1 Linková diferenciální ochrana

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
High operate value	200... 4000	% In	4000
High Op value Mult	0,5... 1,0		1
Low operate value	10... 200	% In	20
End section 1	0... 200	% In	50
Slope section 2	10... 50	%	15
End section 2	200... 2000	% In	200
Slope section 3	100... 200	%	100
Operate delay time	45... 200000	ms	45
Operating curve type	1... 15 <sup>1)</sup>		15
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Start value 2.H	10... 50	%	15
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1... 5 <sup>2)</sup>		1
Restraint mode	1 or 2 <sup>3)</sup>		2
Reset delay time	0... 60000	ms	0
Minimum operate time	45... 60000	ms	45
CT ratio correction	0,200... 5,000		1
CT connection type	1 or 2 <sup>4)</sup>		-

<sup>1)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time;

<sup>2)</sup> Operation 1=on; 4=test/blocked; 5=off

<sup>3)</sup> Restraint mode 1=None; 2=Harmonic2

<sup>4)</sup> CT connection type 1=Type 1; 2=Type 2

Tab. 15.2 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05... 5,00	xIn	1
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operate delay time	40... 200000	ms	350
Operating curve type	1... 19 <sup>1)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>2)</sup>		1
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Directional mode	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	80
<b>Non group settings</b>			
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Num of start phases	1... 3 <sup>6)</sup>		1
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		1
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>8)</sup>		1
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01

- <sup>1)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type
- <sup>2)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset
- <sup>3)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse
- <sup>4)</sup> Pol quantity -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol
- <sup>5)</sup> Operation 1=on; 5=off
- <sup>6)</sup> Num of start phases 1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3
- <sup>7)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak
- <sup>8)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

Tab. 15.3 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10... 40,00	xIn	2,5
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		2
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 17 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	40... 200000	ms	200
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	200
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>6)</sup>		1
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		3
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Num of start phases	1... 3 <sup>8)</sup>		1

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv. 10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time; 17=Programmable

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Pol quantity -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol

<sup>5)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>6)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>7)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>8)</sup> Num of start phases 1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3

DEFLPDEF, Io >>→

Tab. 15.4 Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,010... 5,000	xIn	0,04
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		2
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 19 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	60... 200000	ms	1000
Operation mode	1... 5 <sup>4)</sup>		1
Characteristic angle	- 179... 180	deg	0
Max forward angle	0... 180	deg	80
Max reverse angle	0... 180	deg	80
Min forward angle	0... 180	deg	80
Min reverse angle	0... 180	deg	80
Voltage start value	0,010... 1,000	xUn	0,100
Enable voltage limit	0 or 1 <sup>5)</sup>		1
Real Values current	-	A	3,2
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>6)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	60... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>7)</sup>		0
Measurement mode	1... 3 <sup>8)</sup>		2
Min operate current	0,005... 1,000	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Correction angle	0,0... 10,0	deg	0,0
Pol reversal	0 or 1 <sup>9)</sup>		0
Curve parameter A	0,0086... 120, 0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Io signal Sel	1 or 2 <sup>10)</sup>		2
Pol signal Sel	1... 3 <sup>11)</sup>		2

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Operation mode 1=Phase angle; 2=IoSin; 3=IoCos; 4=Phase angle 80; 5=Phase angle 88

<sup>5)</sup> Enable voltage limit 1= False; 5= True

<sup>6)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>7)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>8)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>9)</sup> Pol reversal 0=False; 1= True

<sup>10)</sup> Io signal Sel 1=Measured Io; 2=Calculated Io

<sup>11)</sup> Pol signal Sel 1=Measured Uo; 2=Calculated Uo; 3=Neg. seq. volt.

## 9.10 Ochrana RED615 AJS3.1 – pole č. 2; Vývod z AJS1.2 – pole č. 3

LNPLDF, 3dI >L

Tab. 16.1 Linková diferenciální ochrana

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
High operate value	200... 4000	% In	4000
High Op value Mult	0,5... 1,0		1
Low operate value	10... 200	% In	20
End section 1	0... 200	% In	50
Slope section 2	10... 50	%	15
End section 2	200... 2000	% In	200
Slope section 3	100... 200	%	100
Operate delay time	45... 200000	ms	45
Operating curve type	1... 15 <sup>1)</sup>		15
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Start value 2.H	10... 50	%	15
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1... 5 <sup>2)</sup>		1
Restraint mode	1 or 2 <sup>3)</sup>		2
Reset delay time	0... 60000	ms	0
Minimum operate time	45... 60000	ms	45
CT ratio correction	0,200... 5,000		1
CT connection type	1 or 2 <sup>4)</sup>		-

<sup>1)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time;

<sup>2)</sup> Operation 1=on; 4=test/blocked; 5=off

<sup>3)</sup> Restraint mode 1=None; 2=Harmonic2

<sup>4)</sup> CT connection type 1=Type 1; 2=Type 2



Tab. 16.2 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05... 5,00	xIn	1,5
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operate delay time	40... 200000	ms	500
Operating curve type	1... 19 <sup>1)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>2)</sup>		1
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Directional mode	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	120
<b>Non group settings</b>			
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Num of start phases	1... 3 <sup>6)</sup>		1
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		1
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>8)</sup>		1
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01

- <sup>1)</sup> Operating curve type    1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type
- <sup>2)</sup> Type of reset curve    1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset
- <sup>3)</sup> Directional mode    1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse
- <sup>4)</sup> Pol quantity    -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol
- <sup>5)</sup> Operation    1=on; 5=off
- <sup>6)</sup> Num of start phases    1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3
- <sup>7)</sup> Measurement mode    1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak
- <sup>8)</sup> Allow Non Dir    0=False; 1= True

DPHHPDOC (1), 3I >>→ (1)

Tab. 16.3 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelností (1)

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10... 40,00	xIn	7,5
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		1
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 17 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	40... 200000	ms	300
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	600
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>6)</sup>		1
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		3
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Num of start phases	1... 3 <sup>8)</sup>		1

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv. 10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time; 17=Programmable

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Pol quantity -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol

<sup>5)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>6)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>7)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>8)</sup> Num of start phases 1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3

DPHHPDOC (2), 3I >>→ (2)

Tab. 16.4 Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti (2)

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10... 40,00	xIn	7,5
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		2
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 17 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	40... 200000	ms	100
Characteristic angle	-179... 180	deg	60
Max forward angle	0... 90	deg	80
Max reverse angle	0... 90	deg	80
Min forward angle	0... 90	deg	80
Min reverse angle	0... 90	deg	80
Voltage Mem time	0... 3000	ms	40
Pol quantity	- 2, 1, 4, 5 <sup>4)</sup>		5
Real values current	-	A	600
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>5)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	20... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>6)</sup>		1
Measurement mode	1... 3 <sup>7)</sup>		3
Min operate current	0,01... 1,00	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Curve parameter A	0,0086... 120,0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Num of start phases	1... 3 <sup>8)</sup>		1

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 3=ANSI Norm. inv; 5=ANSI Def. Time; 9=IEC Norm. inv. 10=IEC Very inv.; 12=IEC Ext inv.; 15=IEC Def. Time; 17=Programmable

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Pol quantity -2=Pos. seq. volt.; 1=Self pol; 4=Neg. seq. volt.; 5=Cross pol

<sup>5)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>6)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>7)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>8)</sup> Num of start phases 1=1 out of 3; 2=2 out of 3; 3 out of 3

DEFLPDEF, Io >>→

Tab. 16.5 Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,010... 5,000	xIn	0,04
Start value Mult	0,8... 10,0		1
Directional mode	1... 3 <sup>1)</sup>		2
Time multiplier	0,05... 15,00		1
Operating curve type	1... 19 <sup>2)</sup>		15
Type of reset curve	1... 3 <sup>3)</sup>		1
Operate delay time	60... 200000	ms	1000
Operation mode	1... 5 <sup>4)</sup>		1
Characteristic angle	- 179... 180	deg	0
Max forward angle	0... 180	deg	80
Max reverse angle	0... 180	deg	80
Min forward angle	0... 180	deg	80
Min reverse angle	0... 180	deg	80
Voltage start value	0,010... 1,000	xUn	0,100
Enable voltage limit	0 or 1 <sup>5)</sup>		1
Real Values current	-	A	3,2
Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 <sup>6)</sup>		1
Reset delay time	0... 60000	ms	20
Minimum operate tim	60... 60000	ms	40
Allow Non Dir	0 or 1 <sup>7)</sup>		0
Measurement mode	1... 3 <sup>8)</sup>		2
Min operate current	0,005... 1,000	xIn	0,01
Min operate voltage	0,01... 1,00	xUn	0,01
Correction angle	0,0... 10,0	deg	0,0
Pol reversal	0 or 1 <sup>9)</sup>		0
Curve parameter A	0,0086... 120, 0000		28,2000
Curve parameter B	0,0000... 0,7120		0,1217
Curve parameter C	0,02... 2,00		2,0
Curve parameter D	0,46... 30,00		29,10
Curve parameter E	0,0... 1,0		1,0
Io signal Sel	1 or 2 <sup>10)</sup>		2
Pol signal Sel	1... 3 <sup>11)</sup>		2

<sup>1)</sup> Directional mode 1=Non-directional; 2=Forward; 3=Reverse

<sup>2)</sup> Operating curve type 1=ANSI Ext. inv.; 2=ANSI Very inv.; 3=ANSI Norm. inv.; 4=ANSI Mod. inv.  
5=ANSI Def. Time; 6=L.T. E. inv. 7=L.T.V. inv.; 8=L.T. inv.; 9=IEC Norm. inv.  
10=IEC Very inv.; 11=IEC inv.; 12=IEC Ext inv.; 13=IEC S.T. inv.; 14=IEC L.T. inv.  
15=IEC Def. Time; 17=Programmable; 18=RI type; 19= RD type

<sup>3)</sup> Type of reset curve 1=Immediate; 2=Def time reset; 3=Inverse reset

<sup>4)</sup> Operation mode 1=Phase angle; 2=IoSin; 3=IoCos; 4=Phase angle 80; 5=Phase angle 88

<sup>5)</sup> Enable voltage limit 1= False; 5= True

<sup>6)</sup> Operation 1=on; 5=off

<sup>7)</sup> Allow Non Dir 0=False; 1= True

<sup>8)</sup> Measurement mode 1=RMS; 2=DFT; 3=Peak-to-Peak

<sup>9)</sup> Pol reversal 0=False; 1= True

<sup>10)</sup> Io signal Sel 1=Measured Io; 2=Calculated Io

<sup>11)</sup> Pol signal Sel 1=Measured Uo; 2=Calculated Uo; 3=Neg. seq. volt.

## 10. Závěr

Ve své diplomové práci jsem se zabýval nastavením a návrhem ochran REF 615 A RED 615 v chráněné soustavě (Obr. 12). Hlavním úkolem bylo nadproudové nastavení proti přetížení a zkratu a taky zemnímu spojení. Chráněnou soustavu tvořily čtyři ochrany REF 615 a šest ochran RED 615. V první části jsem se seznámil s funkcemi a vlastnostmi obou ochran, konkrétně jsem studoval manuál ochran pro jednotlivé nastavení daných funkcí. Okrajově jsem se zaměřil na senzory a jejich funkce, jež jsou použity v chráněné soustavě místo jisticích transformátorů proudu. V hlavní části jsem se seznamoval s chráněnou soustavou, jak je členěna, napájena a zapojena. Poté jsem se zabýval jednotlivými rozvaděči, kde jsem zjišťoval, jaké pole se v každém rozvaděči nachází a jak jsou jednotlivá pole vybavena prvky pro chránění.

Hlavní část byla rozdělena na dvě sekce. V první se provádělo nastavení a návrh selektivity nadproudových ochran při zkratu a přetížení. V druhé části bylo zapotřebí nastavení a návrh selektivity zemních ochran. Při návrhu se vycházelo s nastavení nadřazené ochrany distributorem elektrické energie (Obr. 13, Obr. 14).

Při řešení přetížení se musely zjistit hranice, v jakých lze jednotlivou ochranu nastavit, aby selektivně působila. Muselo se vycházet z nastaveného parametru popudu proudu a času ochrany distributora elektrické energie (Obr. 13). Horní hranice popudu vycházela z maximálního zatížení kabelu (Tab. 5), které bylo dáno výrobcem v katalogu pro daný kabel. Minimální hodnota proudu pro každou ochranu byla stanovena součtem proudu transformátorů v rozvaděčích. Zadané meze se nesměly při návrhu překročit, jinak by ochrany špatně zapůsobily na přetížení. Čas pro působení ochrany při přetížení se selektivně nastavil s časovým odstupňováním 150 ms. Funkce pro chránění proti přetížení byla nastavena nesměrově, s pevným časem působením.

K nastavení ochran proti zkratu se nejdříve vypočetly analyticky minimální zkratové proudy (vzorec 65, 67, 69). Při výpočtu se vycházelo z minimálního zkratového proudu udaného distributorem elektrické energie (Tab. 3). Pro selektivní návrh se opět vycházelo z nastavených hodnot nadřazené ochrany distributora elektrické energie. Samotné nastavení časového popudu, bylo stížené velmi malým časem vypnutí v nadřazené soustavě distributora. Horní hranici pro nastavení tvořil vypočtený minimální zkratový proud v daném místě chráněné soustavy. Spodní hranici stejně jako u přetížení tvořil součet proudu transformátorů. Hodnoty popudu proudu byly odstupňované, zatímco časový popud byl nastaven kromě dvou ochran na stejné hodnotě z důvodu selektivity a také z důvodu, že se nesmíme dostat při návrhu pod určitou časovou hodnotu (Obr. 13). Ochrany v polích AJS1.1-2, AJS1.2-1, AJS1.2-3 byly spojeny blokádami (Obr. 13), které například při poruše v blízkosti ochrany AJS1.2-3 dávaly popud k vypnutí ochranám AJS1.1-2 a AJS1.2-1. Stejně blokády byly u ochran

AJS1.1-1, AJS1.2-9 a AJS1.2-7. První dvě ochrany spojené blokádamy od distributora elektrické energie byly REF 615 a poslední RED 615. Ve čtyřech ochranách byly nainstalovány směrové články pro případ, kdy v určitém místě vedení nastane zkrat a nemusí se vypínat celé vedení, ale jen postižená část (Obr. 13). Dvě ochrany měly čas působení nižší než nastavený u zkratového popudu. Další dvě měly čas působení stejný jako čas nastavený pro zkratový popud. Nastavení směrových článků bylo vždy směrováno ven s přípojnice.

Návrhu řešení selektivity zemních ochrany předcházely nejprve analytický výpočet kapacitního poruchového proudu v každém úseku. Z těchto hodnot se posléze navrhoval časový a proudový popud ochrany. Zemní ochrany se nastavovaly pouze u osmi ochrany (Obr. 14). Všechny ochrany byly směrové. Jejich směr byl vždy řešen tak, že vycházely z přípojnice. Díky tomu, že všechny ochrany byly směrové, mohly se hodnoty pro proudový a časový popud nastavit ve všech ochranách stejně (Obr. 14). Pokud by zemní ochrany nebyly směrové, jako jsou v této chráněné soustavě, musely by se nastavit selektivně s časovým odstupňováním. Opět jako v předešlých nastaveních se vycházelo z nadřazené soustavy distributora elektrické energie.

Největší problém při nastavování všech funkcí na ochranách nastal při návrhu časového popudu u zkratu, kde bylo třeba pracovat s malým nastaveným časovým popudem nadřazené soustavy od distributora elektrické energie. Tento fakt způsobil, že bylo nutné pracovat v malém časovém rozmezí. Při zbylých nastaveních funkcí pro přetížení a zemní ochrany bylo možné pracovat ve větším rozptýlu, což lépe usnadňovalo nastavení časové selektivity. Všechny hodnoty jak u nadproudových, tak zemních nastavení byly navrhovány podle časové selektivity. Celé nastavení a návrh ochrany REF 615 a RED 615 v dané chráněné soustavě bylo řešeno tak, aby se zajistilo bezpečnému a bezporuchovému provozu soustavy.

## Literatura

- [1] Hradílek, Z.: *Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí*. Ostrava: Montanex, 2008.
- [2] Dohnálek, P.: *Ochrany pro průmyslovou energetiku*. Praha: SNTL, 1991.
- [3] Haluzík, E.: *Ochrany a automatiky v elektrických sítích*. Brno: Skriptum VUT, 1985.
- [4] MEŠTER, M.: *Výpočet skratových proudů trojfázových střídavých soustav*. ABB Elektro, Bratislava, 2005.
- [5] IEC 60909 – 0: 2002. *Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách – část 0: Výpočet proudů*. idt IEC 60909-0:2001.
- [6] REISS, L., MALÝ, K., PAVLÍČEK, Z.: *Teoretická elektroenergetika II*. STNL Praha, Alfa Bratislava, 1978.
- [7] ABB. IED pro chránění a ovládání vývodu REF615 - *Aplikační manuál* [online]. 2012.  
[https://library.e.abb.com/public/0f904438c7317b01c1257b500036486d/REF615\\_appl\\_757137\\_CZc.pdf](https://library.e.abb.com/public/0f904438c7317b01c1257b500036486d/REF615_appl_757137_CZc.pdf)
- [8] ABB. IED pro chránění a ovládání vývodu RED615 - *Aplikační manuál* [online]. 2011.  
[https://library.e.abb.com/public/29f3f2ae50865d93c125784c0041e60c/RED615\\_appl\\_757107\\_CZb.pdf](https://library.e.abb.com/public/29f3f2ae50865d93c125784c0041e60c/RED615_appl_757107_CZb.pdf)
- [9] Firemní literatura firmy ABB s.r.o. Vaasa: ABB Oy, 2002.
- [10] Firemní literatura firmy ABB s.r.o. Brno: ABB s.r.o, 2005.
- [11] NKT cablet, 22-AXEKVCEY- *katalog* [online].  
[http://81.0.246.66/nkt\\_pk/datasheets\\_pdf/22-AXEKVCEY.pdf](http://81.0.246.66/nkt_pk/datasheets_pdf/22-AXEKVCEY.pdf)

## Přílohy

### **Příloha A: Celkové schéma chráněné soustavy**



